5332

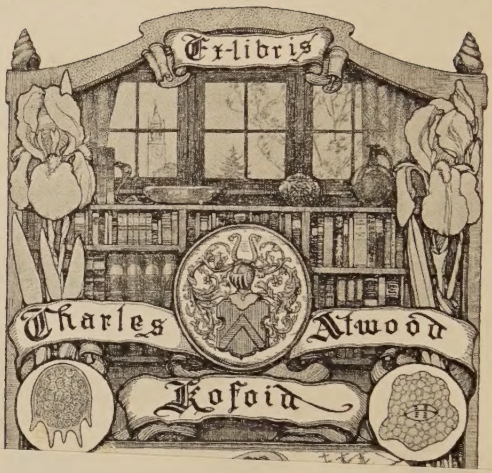
ONTOGENESE UND PHYLOGENESE DER HINTERSTRANGKERNE IN VERBAND MIT DER SENSIBILITÄT

Thesis Amsterdam 1920

LANE MEDICAL LIBRARY
STANFORD UNIVERSITY
300 PASTEUR DRIVE
PALO ALTO

ISRAËL ZEEHANDELAAR

IVV. SMUSEUM
AMSTERDAM
M



LANE
MEDICAL
SEAL OF THE LELAND STANFORD JUNIOR UNIVERSITY
SEMPER VIRENS
1885
LIBRARY

Gift of
Mr. William Wreden

ONTOGENESE UND PHYLOGENESE DER HINTERSTRANGKERNE IN VERBAND MIT DER SENSIBILITÄT.

I.F.E.S.MUSEUM
AMSTERDAM

ONTOGENESE EN PHYLOGENESE DER ACHTERSTRENGKERNEN IN VERBAND MET DE SENSIBILITEIT

ACADEMISCH PROEFSCHRIFT, TER VERKRIJGING VAN DEN GRAAD VAN DOCTOR IN DE GENEESKUNDE AAN DE UNIVERSITEIT VAN AMSTERDAM, OP GEZAG VAN DEN RECTOR-MAGNIFICUS PROF. JHR. DR. J. SIX, HOOGLEERAAR IN DE FACULTEIT DER LETTEREN EN WIJSBEGEERTE, IN HET OPENBAAR TE VERDEDIGEN OP WOENSDAG 7 JULI 1920, DES NAMIDDAGS TE 4½ UUR, IN DE AULA DER UNIVERSITEIT, DOOR

- **ISRAËL ZEEHANDELAAR** -

ARTS TE AMSTERDAM, GEBOREN TE ASSEN.

DE ERVEN F. BOHN — UITGEVERS — HAARLEM

LEESMUSEUM AMSTERDAM M

VOORWOORD.

In de achttien jaar, die verloopen zijn sinds ik het artsdiploma verwierf, heb ik eerst goed leeren beseffen, wat het beteekent van mannen als STOKVIS, PEL, STRAUB *en* TREUB *onderricht te hebben mogen ontvangen. Hun aandenken blijft levenslang in mijn ziel gegrift.*

Nu ik, dank zij de wet LIMBURG, *de gelegenheid heb gekregen door een proefschrift den doctorstitel te verwerven, grijp ik gaarne de gelegenheid aan, U mijn leermeesters, Hoogleeraren en Oud-Hoogleeraren der Amsterdamsche Universiteit dank te zeggen voor uw lessen en voor de liefde, die gij bij mij gewekt hebt voor onze mooie wetenschap.*

In de eerste plaats wil ik U danken, Hooggeachte en Hooggeleerde Promotor, WERTHEIM SALOMONSON. *Toen ik voor twintig jaren poliklinisch en klinisch bij U werkte, wist ik dit reeds als een groot voorrecht te waardeeren. Sinds dien heb ik uw raad nooit tevergeefs ingeroepen. De kennis, die ik van U verkreeg, de groote welwillendheid, die ik van U mocht ondervinden, wekken een gevoel van dankbaarheid, waaraan ik met vreugde uiting geef.*

Het zij mij vergund hier ook enkele woorden tot U, Hooggeleerde WINKLER, *te mogen richten. Uw lessen en uw werk zijn beslissend geworden voor mijn medisch denken. Ik heb steeds in de grootste vereering tot U, den Meester, opgezien en zal dat altijd blijven doen.*

Hooggeleerde BOLK, *gij hebt mij in de afgeloopen jaren vaak te woord gestaan. Het was U nooit te veel mij met literatuur te helpen; uw bibliotheek stond steeds tot mijn beschikking. Uw werk heeft mede mijn belangstelling voor de anatomie van het Centraal zenuwstelsel gewekt. Ik ben U zeer verplicht.*

Zeer Geleerde ARIËNS KAPPERS *en* BROUWER. *Ik noem U samen, omdat ik niet over het Centraal Instituut voor Hersenonderzoek kan spreken, zonder dadelijk aan U beiden te denken. Mijn gevoelens tegenover „Het Instituut", d. i. tegenover U, kan ik niet voldoende onder woorden brengen, wanneer ik denk, aan de wijze, waarop gij mij steeds hebt ontvangen. Wanneer het me te midden van mijn drukken werkkring wel eens wat zwaar viel, dan hebt gij mij gesteund, raad gegeven en tot voortgaan opgewekt. Gij hebt mij geholpen met uw kennis, uw ervaring, met geheel uw wil, en toch hebt gij mij zelfstandig laten onderzoeken. Van U beiden kan ik alleen dit zeggen, dat uw buitengemeene kennis geëvenaard wordt door uw bijzondere welwillendheid.*

En dan wil ik U, Zeer Geleerde BROUWER, *nog eens afzonderlijk danken voor alle hulp, tijd, moeite en vriendschap die gij mij hebt willen schenken. De uren met U samen doorgebracht zijn mij tot onvergetelijke geworden.*

U, Waarde Juffrouw ROOZEMEYER, *ben ik ten zeerste verplicht voor de talrijke fraaie teekeningen, die gij voor mij hebt gemaakt. De initialen C. R. bij vele figuren zullen den lezer van het proefschrift doen zien, welk een voorrecht het is zulk een artistieke medearbeidster te hebben.*

Ook U, Waarde BROUWER, *dank ik zeer voor uw hulp bij het maken van praeparaten. De geest van vriendelijkheid en hulpvaardigheid, die het Instituut doordringt, is evenzeer bij het personeel, als bij de doktoren te vinden.*

Ten slotte wil ik den Heer HELLMANN *hulde brengen voor zijn keurige en nauwgezette vertaling.*

Aan mijn Vrouw en Kinderen.

medianen unpaarigen Bischoffkern, der beim Menschen nicht vorkommt und übrigens auch längst nicht bei allen Tieren angetroffen wird.

Während sich das älteste System, die vitale oder Seitenstrangsensibilität in der aufsteigenden Tierreihe so gut wie garnicht verändert, sehen wir, dasz die höheren Systeme, die sich erst nach dem Auftreten des Landlebens entwickeln, immer mehr an Umfang zunehmen. Dieser Prozesz verläuft parallel mit der Entfaltung der Hinterstrangkerne und der Hirnrinde, auf welche die Sensibilität projiziert wird.

Während der Bearbeitung vorliegender Dissertation erschien das Handbuch Winkler's, in welchem dem Hinterstrangareal ausführliche Betrachtungen gewidmet sind. Nichtsdestoweniger dürfte es nicht unangebracht und vor allem nicht nutzlos sein, in einer speziellen Studie die Hinterstrangkerne in ihrer Entwicklung und Bedeutung einer besonderen Beleuchtung zu unterwerfen, um so weniger, da diesem Gegenstande noch niemals eine Monographie gewidmet wurde.

Es schien mir von Wichtigkeit, diese Entwicklungsgeschichte sowohl ontogenetisch als phylogenetisch zu verfolgen, um daraus betreffs Zweck und Funktion Schluszfolgerungen ziehen zu können.

Nach diesem Plane habe ich denn auch meine Betrachtungen über diesen Gegenstand in nachstehender Weise in vier Kapitel gegliedert. Im ersten Kapitel behandle ich die Hinterstrangkerne beim Menschen, im zweiten und dritten werden bzw. Ontogenese und Phylogenese beschrieben, während das letzte eine Zusammenfassung der Resultate bringt, zu denen meine Arbeit in Verband mit der gegenwärtigen Lehre von der Sensibilitätsleitung geführt hat.

KAPITEL I.

Beschreibung der Hinterstrangkerne beim Menschen.

Nucleus gracilis s. Goll. Dieser Kern ist beim Erwachsenen zufolge Messungen etwa 14 mm. lang. Er erstreckt sich von unten nach oben [1]). Kaudal beginnt er dicht unter dem am meisten distalwärts gelegenen Anfang der Pyramidenkreuzung; er erstreckt sich oralwärts bis zum unteren Ende des Nucleus vestibularis medialis.

Es läszt sich an ihm ein spinaler und ein bulbärer Teil unterscheiden, zwischen denen freilich keine scharfe Grenze zu ziehen ist. Der spinale oder kaudale Teil liegt noch in den aufsteigenden Bündeln des Funiculus gracilis eingebettet; in demselben Grade, wie letzterer an Umfang abnimmt, wächst der Kern in demselben Verhältnis, sodasz dessen medullärer Teil das betreffende mediale Hintersegment völlig ausfüllt. Zwei Drittel des grazilen Hinterstrangkernes grenzen direkt an die Fissura longitudinalis posterior; der proximale Teil weicht nach beiden Seiten von der Medianlinie ab und grenzt dann mit der medialen Fläche an diejenige Kerngruppe, welche gewöhnlich als Ala cinerea bezeichnet wird. Lateral wird der untere Teil des Nucleus gracilis von dem Fun. cuneatus begrenzt, mehr oralwärts von dem Burdach'schen Kern selbst. Ventromedial werden die unteren zwei Drittel von der zentral gelegenen grauen Masse begrenzt, oral das restierende Drittel von dem Nucleus alae cinerea und dem Fasciculus solitarius mit seiner ihn begleitenden, lateral gelegenen Kernmasse. Der Kern stellt sich dar als eine langgestreckte Masse, deren kaudaler Teil schlank geformt ist, während ihr unterer, anfangs auch schlanker Teil mehr zerebralwärts zu der als Clava bekannten Anschwellung anschwillt. Der Übergang des schlanken Teiles in den dickeren keulenförmigen oberen Teil vollzieht sich mehr oder weniger plötzlich; er ist gerade dort zu suchen, wo wir die zerebrale Grenze der Decussatio pyramidalis festsetzen. Das kaudale Stück erweist sich bei dorsaler Betrachtung als eine ziemlich glatte

[1]) Kaudal nach oral, distal nach zerebral, sind Synonyme, die fernerhin durcheinander gebraucht werden.

Säule grauer Masse neben der dorsalen Fissur. Weed (111) macht darauf aufmerksam, dasz die dorsale Fläche drei Fortsätze aufweist.

Ob diese Ausstülpungen der grauen Masse einem Zellenzuwachs entsprechen, infolge des Umstandes, dasz hier mehr speziell die langen aszendierenden Bahnen des Lumbalteiles (lateral) und des Sakralteiles (am medialsten) ihren Endpunkt finden, ist eine Frage, die Weed in seiner rein deskriptiv gehaltenen Arbeit nicht anschneidet, die sich aber doch dem Untersucher aufdrängt. Eine ausführliche Beschreibung der medialen Fläche scheint mir ebensowenig erforderlich wie eine solche der lateralen oder der ventralen Grenze. Weed behandelt dies ausführlich; aber es lassen sich daran keine besonderen Bemerkungen knüpfen. Nur will ich kurz darauf hinweisen, dasz die schmale ventrale Fläche ohne Grenze in den Nucleus cuneatus und in das zentrale Grau übergeht.

Der Nucleus cuneatus s. Burdach beginnt kaudal etwas oberhalb der Mitte der Decussatio pyramidalis und erstreckt sich oralwärts bis an die kaudale Grenze des Nucleus cochlearis. Beim Erwachsenen beträgt seine Längsachse 14 mm, also ebensoviel wie beim Nucl. gracilis. Die Form des Burdach'schen Kernes ist bizarrer als diejenige des schlanken Kernes. In der Rekonstruktion des Carnegie-Institutes wird der Burdach'sche Kern zusammen mit dem Blumenau'schen Kern behandelt, da Weed eine Trennung zwischen diesen beiden Kernen nur aus histologischen Gründen für gerechtfertigt erachtete; daher modellierte er denn auch beide Kerne gemeinschaftlich. Miss Sabin (90) ging noch weiter, indem sie nämlich bei der Rekonstruktion der Kerne eines Neugeborenen sogar den Nucleus gracilis nicht von dem Nucleus cuneatus trennte, wenigstens nicht in dem oralen Teile, womit sie ihrer Ansicht Ausdruck verlieh, die Hinterstrangkerne als ein Ganzes aufzufassen. Ein derartiges Verfahren ist indessen nicht geeignet, durch Rekonstruktion einen besseren Einblick in die vorliegenden Verhältnisse zu gewähren.

Der Goll'sche Kern beginnt etwas kaudaler als der Burdach'sche Kern und reicht dementsprechend auch etwas weniger weit oralwärts, sodasz der Burdachkern in toto zerebraler gelegen ist als der Goll'sche Kern.

Beide Kerne haben kleine runde Zellen, die in kleinen Gruppen angeordnet sind. Die Zellen in dem spinalen Teile des Burdachkernes sind im allgemeinen etwas gröszer als diejenigen des Goll'schen Kernes in dessen kaudalem Teile. Mehr oralwärts haben sie gleich grosze Zellen, und an der Basis verschmelzen beide Kerne miteinander. Wenn man die mikroskopischen Verhältnisse näher untersuchen will, ist es zwecks

besserer Vergleichung zu empfehlen, sich an die Meynert'schen Querniveaus zu halten, wie diese in dem Atlas von Fuse und v. Monakow (36) dargeboten werden.

1. Querdurchschnitt in Höhe des zerebralen Teiles der Pyramidenkreuzung.

In dem Nucl. gracilis und dem Nucl. cuneatus sind Nester kleiner Zellen. Die Kerne haben auf diesem Querschnitt noch einen geringen Umfang: Der Blumenau'sche Kern ist noch nicht sichtbar.

2. Durchschnitt: Schnitt durch den untersten Punkt der Hauptolive, den unteren Teil des Hypoglossuskernes und durch die Clava.

Bei dem Goll'schen Kern können wir hier einen medialen und einen lateralen Teil unterscheiden. Der erstere führt den Namen Nucleus gracilis parvocellularis und enthält nur kleinere Zellen, auszer an seinem dorsalen Rande, wo auch etwas gröszere Zellen liegen. In dem gröszeren lateralen Teile des Gesamtkernes, dem Nucleus gracilis principalis, finden sich die schon erwähnten „Nester" mit dicht zusammengedrängten Zellen. Einige von diesen sind zwar etwas gröszer; aber von einer bestimmten Anordnung der gröszeren Zellen inmitten der kleineren ist nichts zu merken.

Auch in der basalen Übergangsgruppe zwischen Nucl. gracilis und Nucl. cuneatus finden sich die kleinen Zellen, unterbrochen von vereinzelten gröszeren.

Der Nucleus cuneatus medialis endlich, d.h. der Nucleus Burdachi, weist auf seinem Querschnitte eine ziemlich starke Lamellierung auf, und zwar derartig, dasz die Längenachse der Lamellen zur Hauptsache senkrecht zum dorsalen Rande des Schnittes steht. Durch wiederholte (3—5 malige) Unterbrechung dieser Lamellen durch Faserbündel entstehen die Inselchen oder Nester, die genau denselben Charakter tragen wie im Nucl. gracilis principalis. In allen diesen Lobi liegen die kleinen Zellen dicht aufeinander.

Der Blumenau'sche Kern. Dorsolateral vom Burdachkern liegt der Nucleus cuneatus ext. oder lateralis (s. magnocellularis). Dieser Kern wird bei uns zu Lande nach dem Vorgange deutscher Forscher meistens als Monakowkern bezeichnet. Wir werden ihn indessen, ebenso wie die Engländer und Amerikaner, nach seinem ersten ausführlichen Beschreiber Blumenau (6) nennen. Bei diesem Blumenaukern ist nun ein medialer und ein lateraler Teil zu unterscheiden, die durch den Funiculus cuneatus voneinander getrennt werden. — Dorsal von dem Burdachkern und medial von dem Blumenau'schen treffen wir noch eine Kerngruppe mit einem gemischten Charakter der Zellen an; es ist dies der dorsale Kern des Nucl. cun. med. In seinem dorsalen

Rande finden sich Zellen vom Typus Blumenauzellen, während wir in seinem anderen, dem Burdachkern zugekehrten Teile dieselben kleinen Zellen antreffen, die sich auch in den Nestern des Burdachkernes vorfinden.

In der Übergangsbrücke zwischen Burdachkern und Blumenaukern treffen wir fast nur kleine Zellen an.

Zwischen dem Burdachkern und dem Gebiete der spinalen Trigeminuswurzel liegt ein Streifen grauer Masse, der von v. Monakow und Fuse als Nucleus interquinto-cuneatus bezeichnet wird. Sie unterscheiden einen Nucleus interquinto-cuneatus medialis, intermedius und einen Nucleus interquinto-cuneatus lateralis. (Der Nucleus trigemino-cuneatis lateralis (v. Monakow-Fuse) ist derselbe als das Promontorium Ziehen's, auch Nucleus marginalis dorsalis genannt) (36*a*). Letzterer ist die ventrale Partie des Blumenaukernes, die auch die bekannten groszen Zellen enthält. Durch einen Streifen grauer Masse wird nun diese Partie mit dem Nucl. cun. lat. *a*., dem dorsalsten Teile des Blumenaukernes, verbunden. Für das Studium dieser Kerne kann ich nach dem Atlas der beiden vorgenannten Untersucher verweisen.

Dorsolateral von dem Burdachkern liegt eine Verbindungsbrücke, welche eben diesen Kern mit dem Blumenaukern vereinigt und zwar mit dem Mittelteile der medialen Seite des letzteren, dem Nucl. cun. lat. *b*.

Fassen wir nun den Bau des Blumenaukernes (Nucl. cun. lat.) noch einmal zusammen, so zeigt sich, dasz sich ein medialer und ein lateraler Teil unterscheiden läszt. Der letztgenannte besteht aus drei Kernen, und zwar liegt zu oberst der Nucl. cun. lat. *a*; in der Mitte der vorerwähnte Streifen grauer Masse, welcher keine groszen Zellen enthält und am ventralsten der vorhin als Nucl. interquinto-cun. lat. bezeichnete Kern. — Der mediale Teil des Blumenaukernes besteht aus den Nucl. cun. lat. *b* und *c*. Der erstere wird durch die erwähnte Verbindungsbrücke mit dem Burdachkern verbunden und ist der gröszere der beiden Teile; der Nucl. cun. lat. *c* liegt ventraler und ist kleiner. Der Nucleus cun. ext. *a*, der am meisten dorsal liegt, enthält die grösztен Zellen. Auch der Nucl. cun. ext. *b* besitzt grosze Zellen, während deren Zahl im dritten Stücke, dem Nucl. cun. ext. *c*, viel geringer ist.

3. Der dritte Querschnitt, den wir einer näheren Betrachtung unterziehen, schneidet das untere Drittel der kaudalen Hauptolive und teilt den Hypoglossuskern ungefähr in zwei Hälften.

Wir finden hier den kaudalen Beginn der inneren Abteilung des Kleinhirnstieles Meynert's, laterodorsal von ihm die mediale Ausstülpung des oralen Teiles des Nucl. gracilis. Auch der Nucl. cun. ist im oralen Teile getroffen. In dem Burdach'schen Kern bemerkt man Stellen mit gröszeren Zellen als in den distaleren Teilen. Diese Kern-

teile werden von v. Monakow und Fuse wieder besonders bezeichnet und zwar als Nucl. interstitialis des Nucleus cuneatus medialis.

Während auf diesem Niveau der Umfang des Goll'schen und des Burdach'schen Kernes stark abgenommen hat, ist der Blumenau'sche Kern dagegen gröszer geworden.

Der zerebrale Pol des Hypoglossuskernes reicht ungefähr ebenso hoch wie der frontale Pol des Blumenaukernes. Letzterer liegt dann völlig dorsal, medial und medioventral begrenzt von der inneren Abteilung des Kleinhirnstieles (I. A. K.), lateral von dem Corpus restiforme mit seinen Nuclei corp. restif.

Lokhart Clarke (22) hat zuerst den anatomischen Unterschied zwischen dem eigentlichen oder medialen Nucleus cuneatus und dem Nucl. cun. externus beleuchtet, wobei er freilich andere Namen benutzte als die jetzt gebräuchlichen. Er gab dem Funiculus cuneatus den Namen „restiform body", und spricht denn auch von „inner and outer restiform nucleus" [1]). Den lateralen Kern hat er namentlich bei Affen beobachtet, aber zugleich sagt er, dasz dieser Kern auch beim Menschen entwickelt ist, wenn auch nicht so gut. Er beschreibt den Kern als eine unweit der oberen Fläche des medialen Cuneatuskernes liegende Zellgruppe, welche sich vom letzteren durch gröszere und anders geformte Zellen unterscheidet. Nach oben hin verbreitert er sich und endigt dann, ebenso wie der mediale Kern, in Höhe des distalen Niveaus des Deiter'schen Kernes, in den, wie Clarke noch meinte, die Nuclei cuneati übergehen sollten. Seit dieser Beschreibung des äuszeren Kernes von Clarke ist diesem Gebilde nur wenig Beachtung geschenkt. Obersteiner beschrieb in seinem Lehrbuch (79) den äuszeren Kern als inkonstant. Fast immer fehlt bei Beschreibungen sekundärer Atrophie der Hinterstrangkerne eine Angabe darüber, ob die gesamten Hinterstrangkerne degenerierten oder nur ein Teil derselben. Blumenau (6) bemerkt diesbezüglich, dasz die wenigen damals bekannten Fälle, in denen hierüber geschrieben ist, die Vermutung nahelegen, dasz der äuszere Kern wohl fraglos mit anderen Gehirnteilen in Verbindung steht als die eigentlichen Hinterstrangkerne. An erster Stelle müssen dann die Beobachtungen v. Monakow's (71 u. 72) genannt werden Dieser konnte eine Katze untersuchen, bei der zufälligerweise der Pons im Niveau des rechten Lemniscus lädiert worden war und sich eine sekundäre Atrophie der linken Hinterstrangkerne eingestellt hatte, jedoch mit Ausnahme des lateralen Burdach'schen Kernes. Seine andere Beobach-

[1]) Clarke glaubte noch, dasz die Hinterstränge und namentlich deren lateraler Teil, die Burdachstränge, in das Corp. restif. übergingen. Daher nennt er den Burdachstrang „restiform body"; der Goll'sche Kern wurde damals „post pyramidal ganglion" genannt.

tung betraf einen Hund, bei welchem der rechte untere Lemniscus lädiert worden war, aber gleichzeitig die rechte Kleinhirnhemisphäre, und zwar dort, wo sich das Corpus restiforme ausbreitet. Aber in diesem Falle war der laterale Kern mit zugrunde gegangen.

Darauf beschreibt Menzel (70) eine sehr starke Atrophie des lateralen Kernes in beiden Funiculi cun. in einem Falle hereditärer Ataxie, wo die beiden Hemisphären des Kleinhirns atrophisch waren. Der Haupt- oder mediale Kern war dagegen verhältnismäszig wenig beschädigt, wie Blumenau durch eigene Untersuchung dieses Falles feststellte. Auch wies Blumenau nach, dasz bei den von Flechsig und Hösel (33) beschriebenen Gehirnen, bei denen ein porenzephalischer Defekt in der linken hinteren Zentralwindung bestand, die Atrophie des Nucl. cun. sich allein auf den medialen Teil, den eigentlichen Burdachkern erstreckte. Blumenau (6) hat meistens den lateralen Kern untersucht und demselben die erste eingehende Beschreibung gewidmet.

Aus allen diesen Beobachtungen war also mit absoluter Sicherheit zu folgern, dasz die eigentlichen Hinterstrangkerne, der Goll'sche und der Burdach'sche Kern, eine ganz andere Bedeutung haben als der Blumenaukern.

Der Blumenaukern ist auf den kaudalen Niveaus, wo der Burdachkern schon sichtbar ist, noch nicht anzutreffen. Erst an derjenigen Stelle, wo die direkte Kleinhirnseitenstrangbahn anfängt, bogenförmig verlaufende Fasern nach dem unteren Teile des Corpus restiforme zu senden, erscheint der Blumenaukern mit seinem kaudalen Teile in den Querschnitten.

Auf tieferen Niveaus der Medulla oblongata ist nur der mediale Kern sichtbar. Er enthält bereits Zellen, die durch ihre Grösze und Form sofort von den übrigen zu unterscheiden sind. Sie ähneln den Zellen des Blumenau'schen Kernes. Zwar sind sie durch den ganzen Burdachkern zerstreut; aber am meisten werden sie an der Peripherie angetroffen. Auch finden sich Anhäufungen dieser gröszeren Zellgruppen zwischen dem Goll'schen und dem Burdach'schen Kern und ebenfalls zwischen dem letzteren und der Substantia gelatinosa. Auch der Goll'sche Kern weist diese gröszeren Zellen auf, namentlich an der lateralen Seite. In den höheren Niveaus, wo der Blumenau'sche Kern gefunden wird, erhält man den Eindruck, als ob dieser durch Abschnürung durch lange, aszendierende Fasern des Restes des Burdach'schen Kernes entsteht. So kommt der Blumenaukern in die aus weiszer Masse gebildete Kappe zu liegen, welche den Burdach'schen Kern umschlieszt. Die Abschnürung ist niemals eine vollkommene; stets bemerkt man Zusammenhang zwischen dem Blumenaukern und dem Burdach'schen Kern durch Verbindungsbrücken. Diese letzteren bestehen aus grauer Masse, die ebenfalls wieder ziemlich grosze Zellen

enthält. In dem Burdach'schen Kern behaupten sich auch die groszen Zellen und zwar namentlich an der Peripherie. Infolge der sich fortsetzenden, stetigen Abschnürung der peripheren, grosze Zellen enthaltenden Teile des Burdachkernes und auch von — ebenfalls grosze Zellen enthaltenden — Teilen der Reste der Hinterhörner (zwischen dem Goll'schen und dem Burdach'schen Kern) nimmt der Blumenaukern in demselben Masze an Umfang zu, wie der Burdachkern an Umfang abnimmt, sodasz der erstere den letzteren gar bald an Grösze übertrifft. Blumenau sagt, dasz auch von dem Goll'schen Kerne an seiner lateralen Seite liegende und grosze Zellen enthaltende Teile abgeschnürt werden, welche Teile selbst bis in die Mittelpartien der den Burdachkern umschlieszenden Kappe zu verfolgen sind. Dies ist indessen nicht die Regel. In den kaudaleren Teilen ist der Blumenaukern aus Inselchen grauer Masse zusammengesetzt, die durch Fasern voneinander geschieden werden. Mehr oralwärts wird die Struktur fester und wird sie weniger von aufsteigenden Fasern durchbrochen.

Die Zellen des Blumenaukernes sind multipolar. In dem Zellkörper ist ein Kern mit Kernkörperchen deutlich zu unterscheiden. Die Zellen sind grosz; ihre Längenachse wechselt von 50—80 μ, während die Zellen des Burdachkernes (abgesehen von den vereinzelt vorkommenden gröszeren) gemeiniglich nicht gröszer als 20—40 μ sind. Bezüglich ihrer Grösze und Form ähneln die Zellen des Blumenaukernes auffallend den Zellen der Clarke'schen Säule. Nach Schultze kommen Fälle vor, in denen ein Stück der Clarke'schen Säule abgeschnürt wird und in den Hinterstrang zu liegen kommt.

In Höhe derjenigen Stelle, wo die ersten Bündel der inneren kleinen Hirnstiele auftreten, ist der Blumenaukern bereits ebenso grosz wie der Burdachkern. Mehr zerebralwärts nimmt der letztere dann schnell an Umfang ab. Nachdem er völlig verschwunden ist, kommt der Blumenaukern direkt an das Feld zu grenzen, welches von den Bündeln der medialen kleinen Hirnstiele eingenommen wird. Noch immer wird er dann lateral und ventral von einem Halbkreis von Fasern begrenzt, die dem lateralen Hinterstrang angehören; indessen besteht bei diesem kein völliger Zusammenhang mehr. Eben diese Hinterstrangbündel trennen den Blumenaukern von dem Corpus restiforme. Der Blumenaukern läszt sich bis zu demjenigen Niveau verfolgen, aus welchem zuerst der N. acusticus auszutreten beginnt.

Nucleus corpus restiforme. Anfangs wurde das Corpus restiforme für die direkte Fortsetzung des Funiculus cuneatus gehalten, aus welchem Umstande sich denn in der englischen Literatur auch der Name „restiform body" für den Funic. Burdachi erklärt. Die obenerwähnte Annahme

war auf makroskopischen Wahrnehmungen begründet. Sie konnte sich solange behaupten, bis auf Grund mikroskopischer Untersuchung gefunden wurde, dasz in dieses Gebilde mächtige Kerngruppen der Hinterstränge eingeschaltet waren und keine Kontinuität zwischen den unteren kleinen Hirnstielen und den Hintersträngen bestand. Meynert und Deiters erkannten, dasz der Goll'sche und der Burdach'sche Kern mit den Hintersträngen in Zusammenhang stehen und sie waren der Ansicht, dasz in das Corpus restiforme Fasern mit einem komplizierten bogenförmigen Verlauf eintreten. Meynert stellte sich die Sachlage so vor, dasz der Zusammenhang ein indirekter sei, und zwar in der Weise, dasz die Fasern des einen Corpus restiforme durch bogenförmige Fasern in der gekreuzten Olive endigten und dort eine neue Bahn begönnen, indem sie neue bogenförmige Fasern nach den Hinterstrangkernen der anderen Seite sandten.

Nachdem Flechsig (34) die Bedeutung der zu verschiedenen Zeiten erfolgenden Myelinisierung für die Erkennung von verschiedenen Bahnen nachgewiesen und sich ferner herausgestellt hatte, dasz die direkte Kleinhirnseitenstrangbahn einen Teil des Corpus restiforme bildete, und auszerdem Flechsig der Nachweis gelang, dasz die bogenförmigen Fasern nicht in der Olive enden, sondern — durch die sog. obere Pyramidenkreuzung in das Innenfeld der Oliven ziehend und von dort emporsteigend — das Band bilden, begannen sich neue Ansichten über den Bau und die Zusammensetzung des Corpus restiforme Bahn zu brechen. Dabei zeigt sich, dasz nichts mehr von der vorausgesetzten Verbindung zwischen Hinterstrangkernen und Corpus restiforme übrig bleibt, weder mit dem Corp. rest. derselben Seite, wie dies die älteste Auffassung war, noch mit demjenigen der gekreuzten Seite, in dem von Meynert beschriebenen Sinne.

Edinger (27) legte schon in den ersten Ausgaben seiner Arbeit dar, dasz sich das Corpus restiforme entweder garnicht oder doch nur zu einem sehr geringfügigen Teile aus den Hinterstrangfasern selbst oder aus von ihnen herrührenden Fasern aufbaue.

Zwar nimmt Edinger an, dasz wohl Fasern aus den gleichseitigen Hinterstrangkernen in dem Corpus restiforme verlaufen, aber zur Hauptsache baut es sich doch nach seinen Untersuchungen auf aus Faserbündeln der Kleinhirnseitenstrangbahnen, aus Olivenfasern, welche dem achten Hirnnerven entstammen und endlich vielleicht aus noch anderen später myelinisierenden Fasern.

Darkschewitsch und Freud (24) gelangen auf Grund ihrer Untersuchungen an menschlichen Föten zu der Schluszfolgerung, dasz zwischen dem Corpus restiforme und den gleichseitigen Hinterstrangkernen wohl eine Verbindung bestehen musz. Beide Forscher sprachen

1886 von der grauen Masse des Corpus restiforme in einem Sinne, als ob dieselbe zu den Hinterstrangkernen gehöre. Wernicke (112) dagegen spricht von einer „Hinterstranganlage" und von einem „Kern" des Corpus restiforme.

Blumenau erachtet den Befund Darkschewitsch's und Freud's für ziemlich inkonstant. Zwar findet er im Corpus restiforme verstreut Inselchen aus grauer Masse, aber er trifft dieselben — obwohl sie grosze Zellen enthalten — ohne jedes Regelmasz in verschiedener Höhe an, bald einmal zentral im Innern des Corpus rest., bald wieder an dessen Peripherie. Dieses letztgenannte Areal wird von den spät myelinisierenden, aus den Oliven herrührenden Fasern gebildet. Der zentrale Teil des Corpus restiforme dagegen myelinisiert früher.

Hierin sah Blumenau nur selten den lateralen Kern eintreten und auf diese Weise mit dem im zentralen Teile des Corpus rest. liegenden Häufchen grauer Masse (dem eigentlichen Nucl. corp. rest.) verschmelzen. Indessen steht der Blumenaukern mit dem gleichseitigen Corpus rest. in Verbindung, welcher Umstand inzwischen die Meinung hervorgerufen hat, dasz der Burdachkern und auch der Funiculus cuneatus mit dem Corpus restiforme in Verbindung stehe.

v. Monakow fand, nach einer hohen halbseitigen Durchschneidung des Rückenmarkes eines neugebornen Kaninchens, dasz das Corp. rest. an derselben Seite atrophisch geworden war. Der atrophierte Teil war erheblich gröszer, wie dies der Fall gewesen wäre, wenn die Lädierung allein auf Rechnung des Kleinhirnseitenstranges gesetzt werden müszte. Daher nahm er an, dasz das Corpus restiforme Fasern von derselben Seite aus den Hintersträngen erhalten werde, (72). v. Monakow hatte gesehen (und Blumenau wies später in einer Note darauf hin), dasz es gerade der laterale Kern (d. h. der Blumenau'sche Kern) war, der an der durchschnittenen Seite hochgradige Atrophie aufwies. In derselben eben erwähnten Note vermeldet Blumenau, dasz auch Löwenthal 1886 bei Durchschneidung der Hinterstränge in Höhe der Pyramidenkreuzung Atrophie des Blumenau'schen Kernes beobachtet hatte. Vejas bestreitet v. Monakow's Ansicht; er sieht nach Durchschneidung des Funiculus cuneatus keine Atrophie des Corpus restiforme und nach Exstirpation des Kleinhirns keine Degeneration des Nucl. cuneatus auftreten. So standen in den Jahren zwischen 1880 und 1890 die Meinungen über die Bedeutung der Hinterstrangkerne, die Rolle des „lateralen Kernes", den Aufbau des Corpus restiforme und die Frage, ob letzteres Verbindungen mit den Hinterstrangkernen besitze oder nicht, sich noch scharf gegenüber. Zum Teile brachte die Arbeit v. Monakow's Klarheit in diese Frage, als er seinen Artikel über den später nach ihm benannten Kern publizierte (72). Und in dem im folgenden Jahre er-

schienenen Artikel Blumenau's (6) setzt dieser die Bedeutung des nach ihm genannten Kernes klar und deutlich auseinander. Auch Blumenau konstatiert die Verbindung zwischen dem lateralen Kern und dem Corpus restiforme. An Serien von Querschnitten älterer Fötusse und Neugeborener findet er die Fasern, welche Edinger bereits als Fibrae arcuatae ext. post. beschrieben hatte. Die Ansicht Edinger's, dasz diese Fibrae arc. ext. post. vom Goll'schen Kern kommen und darauf das Corpus restiforme aufbauen helfen, ist jedenfalls verkehrt. Nach seiner Meinung bestehen auch vielleicht Verbindungen zwischen dem Corpus restiforme und den groszen Zellen an der Peripherie des Burdachkernes; aber als festgestellt erachtet er allein die Verbindung mit dem v. Monakow'schen Kern. Dieser Zusammenhang zwischen dem Blumenau'schen Kern und dem Corpus restiforme wird sowohl durch die Klinik als durch die entsprechenden Experimente bestätigt. Blumenau zieht eine Analogie zwischen den Clarke'schen Säulen und dem später nach ihm genannten Monakowkern, indem er ausführt: „Wie die Clarke'sche Säule die Verbindung gewisser Hinterstrangfasern mit dem Kleinhirnseitenstrang vermittelt, so steht auch der äuszere Keilstrangkern in direkter Beziehung zu dem Hinterstrang einer — und zu der zentralen Masse des Strickkörpers andererseits". Ob der Blumenaukern noch andere Verbindungen hat, ist schwerlich zu sagen.

Dasz Verbindungen zwischen dem Deiters'schen Kern und dem Blumenaukern bestehen, ist wohl sicher. Schepman (92) sagt, dasz die deszendierende Vestibulariswurzel bei einer von Brouwer (13) untersuchten kongenital tauben Katze bis an den Blumenau'schen Kern zu verfolgen ist, weiter kaudalwärts aber nicht, woraus er folgert, dasz dieser Kern vielleicht dazu diene, die Assoziationen herzustellen zwischen den vestibulären Reizen einerseits und denjenigen Reizen, welche von den Dorsalsträngen vom Rumpfe aus in aszendierendem Sinne nach dem Nucl. cun. Burdachi geleitet werden, andererseits.

Nach Schepman's Ansicht hat sich der Blumenaukern aus der medialen grauen Masse der Basis des dorsalen Hornes differenziert. Als absonderlicher Kern soll sich der Blumenaukern nach seiner Meinung erst bei den Säugetieren differenzieren. Indessen findet Sinn (98) auch bei Vögeln schon diesen Kern, was ich, wie sich im III. Kapitel herausstellen wird, unterschreiben musz.

Über die Zellen in dem Blumenaukern hat Clarke schon eingehende Mitteilungen gemacht (22). Blumenau widmet ihnen ebenfalls eine kurze Studie (6). Nach dem letzteren gehören die meisten groszen Zellen dieses Kernes zu der ersten Art der beiden Zelltypen, die Golgi in dem Nervensystem unterscheidet, d. h. dasz die Axonen über lange Strecken als gut zu unterscheidende Einheiten zu verfolgen sind.

Zwar geben sie einige kleine Seitenäste ab; aber dies hat keinen nennenswerten Einflusz auf ihren gesamten Verlauf. In dem eigentlichen Burdachkern kommen ebenso wie in dem Goll'schen Kern überwiegend die Zellen des zweiten Typus vor. Die Axonen verlaufen in der Regel lateralwärts, d. i. in der Richtung des Corpus restiforme und nach den Fibrae arcuatae, die aus der Kleinhirnseitenstrangbahn kommen. Viele Axonen waren bis an die Peripherie der Medulla oblongata zu verfolgen. Wenn auch vereinzelte Zellen ihr Axon erst nach einwärts senden, so zeigt sich doch, dasz sie wieder nach der Peripherie umbiegen.

Die Zellen des Corpus restiforme erweisen sich als relativ grosze polygonale Zellen (Bianchi). Die von ihnen ausgesandten Fasern gehen zugrunde durch Atrophie der Hemisphären des Kleinhirns.

Endlich betrachtet Winkler (113) den Nucl. proprius corp. rest. als den am meisten distalwärts gelegenen Kern, mit dem die innere Abteilung des Kleinhirnstieles (I. A. K.) oder die Pars interna corp. rest. beginnt.

Bei Durchschneidungsversuchen zeigte sich v. Monakow schon im Jahre 1884, dasz der Lemniscus aus verschiedenen Teilen besteht, die heterogenen Ursprunges sind. Bei Amotion bestimmter Hirnteile bei einer neugebornen Katze degenerieren gewisse Teile des Lemniscus. Wenn der Parietallappen entfernt wird, sieht man einen bestimmten Teil des Lemniscus, die „Rindenschleife", zugrunde gehen. Diese Fasern unterscheiden sich durch feineres Kaliber; sie liegen dorsal sowohl in dem medialen als in dem lateralen Lemniscus. Wenn sie degenerieren, entsteht auch in den Fibrae arcuatae int. der Medulla oblongata ein beträchtlicher Faserausfall, aber ebenfalls ein bedeutender Zellverlust in den kontralateralen Kernen Burdach's und Goll's, jedoch nicht in dem Kern Blumenau's und dem Nucleus proprius corp. rest.

Der mediale Teil des Bandes hängt mehr mit dem Goll'schen Kern, der laterale mehr mit dem Burdach'schen Kern zusammen. Bei Durchschneidung des rechten Corpus restif. beim Kaninchen in Höhe des Austrittes des N. vestibularis gehen die meisten Zellen des Nucl. corp. rest. zugrunde, und zwar an derselben Seite. (Winkler (113. Fig. 161). Die Zellen des Blumenaukernes degenerieren hierbei nicht, wohl aber die Zellen des kontralateralen Nucl. oliva inf. und diejenigen des gleichseitigen Nucl. fun. later. Die von den Zellen des Nucl. corp. rest. herrührenden Fasern führen nach dem Zerebellum hin (zerebello-petal); sie helfen die Fasermasse in dem ovalen Feld verstärken.

Die weisze Masse, welche den Nucl. cuneatus gleich einer weiszen Kappe umschlieszt, enthält Zellhaufen, die von verschiedener Art sein können. Wiesen wir früher schon auf den Nucleus magnocellularis (Blumenaukern), so wollen wir nunmehr unsere Aufmerksamkeit auf

Kerngruppen lenken, die dem Gebiete des kaudalen Trigeminuskernes angehören. Karplus (62) hat ausführlich auf die Verwirrung hingewiesen, die betreffs der verschiedenen Kerngruppen in dem Funiculus cuneatus infolge der abweichenden Ansichten der diversen Untersucher bestand.

So schien Kölliker der Umstand völlig unbekannt zu sein, dasz in dem Funiculus cuneatus abgesprengte Teile des spinalen Trigeminuskernes vorkommen können; wenigstens kommt in seinem Handbuch der Gewebslehre (II. Band. Fig. 443, Leipzig 1896) eine Tafel vor, auf welcher in dem Nucl. cun. offenbar Substantia gelatinosa Rolandi liegt, aber doch weist Kölliker hierauf nicht hin. Auch ergibt sich aus einer Dissertation eines seiner Schüler (Tevfik Redjeb), dasz an die Möglichkeit des Vorkommens von Subst. gelatin. Rol. in dem Nucl. cun. eigentlich absolut nicht gedacht wurde, wodurch Kölliker und dessen Mitarbeiter zu ganz verkehrten Folgerungen gelangten. Weder in der Arbeit Henle's (50), noch bei Edinger (27), Bechterew (2), Barker (1) u. a. wird, obwohl in ihren Abbildungen offensichtlich Subst. gelat. Rol. in dem Fun. cun. vorkommt, auf diese Eigentümlichkeit aufmerksam gemacht. Demgegenüber haben u. a. Déjerine (27) und Marburg (28) sich nicht einer solchen Unterlassung schuldig gemacht, sondern darauf hingewiesen, dasz der Kern, welcher in ihren Abbildungen im Fun. cun. vorkommt, zu der Subst. gelat. Rol. gerechnet werden musz. Wie erkennt man nun, ob ein Stückchen grauer Masse in dem Fun. cun. zu der Subst. gelat. gehört oder nicht? Die Entscheidung dieser Frage ist nun keineswegs schwer, indem nämlich der abgespaltene Kern genau dieselben Eigenschaften besitzt wie der Hauptkern des spinalen Trigeminus. Diese bestehen erstens in dem dürftigen Bestand an Nervenfasern, wenigstens an markhaltigen, und zweitens in der geringen Grösze der Nervenzellen, die nur klein sind (Gierke'sche Zellen). Hierdurch unterscheidet sich der genannte Kern deutlich von dem Blumenaukern, der ja im Vergleich zu den Nuclei gracilis und cuneatus und der spinalen Trigeminuswurzel sehr grosze Zellen besitzt. Gröszere abgespaltene Stücke weisen auch häufig die eigentümliche Streifung der Substantia gelatinosa auf.

Das Hauptunterscheidungsmerkmal ist aber das erstgenannte, das am deutlichsten in Weigert-Pal-Präparaten hervortritt. Man sieht dann sogleich die geringe Menge markhaltiger Fasern in diesem Kern an der Helligkeit, durch die er sich vom Nucl. cun. abhebt. An der Hand der beiden vorgenannten Kennzeichen ist auch die Unterscheidung vom Blumenaukern einfach.

Überdies gelingt es in Serienschnitten, die Herkunft des Kernes aus der Subst. gelatin. in mehr kaudalen Teilen der Serie ad oculus zu demonstrieren, was mir sofort an einer Serie aus dem hiesigen Zentral-

Institut für Hirnforschung auffiel, noch ehe ich mit der Karplus'schen Arbeit bekannt geworden war.

Das Vorkommen von Substantia gelatinosa Rol. in dem Funiculus cuneatus stellt keine Ausnahme dar [1]). Karplus durchsuchte daraufhin 26 Serien und traf darin — wenn auch zuweilen nur in sehr geringem Umfange — ausnahmslos eine gewisse Menge der genannten Substanz in dem Burdach'schen Funiculus an. Wenn damit nun auch noch nicht feststeht, dasz in all und jedem Falle Subst. gelat. in dem Fun. Burdachi vorkommt, so ist dies meistens doch wohl der Fall. Indessen ist die Art und Weise ihres Vorkommens und ihre Menge, sogar links und rechts, sehr inkonstant und variabel. Ja, diese Unregelmäszigkeit in ihrem Auftreten links und rechts ist geradezu ein weiteres Charakteristikum für die im Fun. cun. vorkommende Subst. gelatinosa. Die Asymmetrie ist nicht eine zufällige, z. B. etwa durch die Schnittrichtung entstandene, sondern sie zeigt sich beim Studium des Kernes durch die ganze Serie hindurch. Die Variabilität des vom spinalen Trigeminus abgespaltenen Kernes tritt sowohl in der horizontalen Ebene als in kaudofrontaler Richtung zum Vorschein. Bald erstreckt sie sich höher oralwärts, bald wieder tiefer kaudalwärts; bald trifft man wenig Subst. gelat. der Schnittfläche an, bald einen nicht unbedeutenden Kern. Schlieszlich besteht noch ein erheblicher Unterschied bezüglich der Stelle, wo die abgespaltenen Stücke gefunden werden. Diese Stelle kann wechseln von dem gewöhnlichen, lateral vom eigentlichen Nucl. cuneatus gelegenen Platze, also zwischen diesem und dem Gebiete des spinalen Trigeminus, bis zu der medialen Seite des Nucl. Burdachi. Karplus bringt einige Abbildungen, aus denen die unterschiedliche Lage solcher Stücke in Bezug auf den Burdachkern, lateral an der Spitze und medial vom Nucl. cun., deutlich zu erkennen ist. Auch rechts und links von genanntem Nucl. cun. oder in demselben Burdachstrang zerstreut, können Häufchen der Gelatinesubstanz vorkommen. Es ist selbstverständlich, und Karplus unterläszt nicht, darauf hinzuweisen, dasz Trigeminusfasern nach diesen abgespaltenen Kernteilen verlaufen. Bei ziemlich groszen Anhäufungen von Subst. gelatinosa in dem Fun. cun. findet man dann natürlich auch ziemlich bedeutende Faserströme dorthin verlaufen. In der obenerwähnten Dissertation (Tevfik Redjeb) gaben diese Trigeminusfasern zu ernstem Miszverständnis Veranlassung. Unter Umständen kann es natürlich auch für die Klinik von Wichtigkeit sein, zu wissen, dasz ein Stück des Endkernes des spinalen Trigeminus in dem Fun. liegen kann.

Es sei übrigens an dieser Stelle darauf aufmerksam gemacht, dasz die verschiedenen Unterscheidungen einzelner gesonderter Kerne in den Nuclei cuneati und gracilis, wie v. Monakow und Fuse diese machen,

[1]) Fuse hat in seiner letzten Arbeit die Angaben Karplus' bestätigt (36*a*).

auf Präparaten sekundärer Degenerationserscheinungen beruhen. Die genannten Untersucher sagen: „Der Kopfteil der Pars lateralis des Nucl. cun. (d. h. die orale Partie des Nucl. corp. restif. = v. Gudden'scher Kern) degeneriert nur bei Kleinhirndefekten, der kaudale Teil dagegen nur nach hoher halbseitiger Läsion des Zervikalmarkes".

Wir dürfen auf Grund unseres eigenen Studiums an dem Material des hiesigen Institutes für Hirnforschung, insbesondere einer Serie eines normalen Erwachsenen und eines Kindes von 10 Monaten, sagen, dasz wir — was unsere Stellungnahme zu den zahlreichen Auffassungen auf diesem Gebiete betrifft — den Ansichten v. Monakow's und Fuse's am nächsten stehen. Wir haben bereits auf ihren vorzüglichen Atlas hingewiesen. Indessen geht aus ihrer oben angeführten Äuszerung hervor, dasz sogar bei ihnen noch ein Miszverständnis obzuwalten scheint, indem sie nämlich den oralen Teil des Nucl. corp. restif. mit dem Blumenau'schen Kern identifizieren. (Die Pars lateralis des Nucleus cuneatus ist dasselbe wie der Nucleus Blumenau). In keinem Falle ist aber der Nucl. corp. rest. mit dem Nucl. Blumenau identisch (was denn auch wohl vermutlich ein Fehler ist). Mehr oralwärts beginnt der Nucl. Blumenau mit dem Nucl. corp. rest zu verschmelzen.

Fassen wir nun in wenigen Worten zusammen, was unter den Hinterstrangkernen verstanden werden musz, dann ist es in erster Linie der *Nucleus Goll*; auf ihn wird die Sensibilität der sakrolumbalen Anschwellung projiziert, oder lieber: hier endigen die von der letzteren kommenden langen aszendierenden sensiblen Fasern.

Der *Nucleus Burdachi* ist der Endpunkt für die der Zervikalanschwellung entstammenden Fasern. Wir können mit Winkler sagen, dasz dieses neue Organ, die Hinterstrangkerne, unter dem Einflusz des gekreuzten Dienzephalons entstanden ist. Durch Auftreten von Herden in dem gekreuzten ventralen Thalamuskern verschwinden die Zellen in jenen Hinterstrangkernen. Von hier aus entspringt das sekundäre Neuron, der Lemniscus medialis.

Der *Nucleus Blumenau* hat eine ganz andere Bedeutung und steht zu der Sensibilität in keinem Zusammenhang.

Der *Nucleus corp. rest.* gehört nicht mehr zu den eigentlichen Hinterstrangkernen.

Der *Nucleus Bischoff* fehlt beim Menschen, kommt aber bei verschiedenen geschwänzten Tieren vor und stellt das Sammelorgan für die langen aufsteigenden Fasern des Schwanzes dar. Auf diesen Kern kommen wir im III. Kapitel näher zurück.

Merkwürdig ist der Befund Fuse's, dasz die Hinterstrangkerne und die Schleifenbogenfasern, die in ihnen ihren Ursprung nehmen, bei Japanern überhaupt schwächer angelegt scheinen als bei Europäern (36*a*).

KAPITEL II.

Ontogenese der Hinterstrangkerne.

Für das Studium der Ontogenie der Hinterstrangkerne verfügte ich über das nachstehend genannte Material, das aus Serien menschlicher Föten bestand, von denen nur die Länge angegeben ist:

3 mm, 5 mm, 10 mm, 13 mm, 14 mm, 16 mm, 27 mm, 32 mm, 35 mm, 39 mm, 50 mm, 55 mm, 65 mm, 74 mm; 14 cm, 16 cm, 23 cm, 27 cm, 28 cm, 29 cm, 32 cm, 35 cm, 40 cm, 42 cm; ein Kind von 5½ Monaten, ein Kind von 10 Monaten.

Der Kürze halber teile ich keine Besonderheiten der Serien mit, sondern glaube, mich ausschlieszlich auf das Vermelden der Untersuchungsresultate beschränken zu müssen.

In dem hiesigen Zentralinstitut für Hirnforschung fand ich ein reiches Serienmaterial von menschlichen Föten, doch habe ich auszerdem selbst verschiedene Serien und auch einige Wachsmodelle hergestellt.

Wenn wir untersuchen, was über die Ontogenie der Hinterstrangkerne bekannt ist, dann ergibt sich, dasz die einschlägige Literatur hierüber nur wenig bietet.

His (55) bemerkt, dasz beim Fötus von 4 Wochen von Hinterstrangkernen noch keine Rede ist.

Von einem andern Embryo mit einer mutmaszlichen Länge (N. L.) von 19 mm bietet er eine Rekonstruktion dar, in welcher die „Kernmassen der Hinterstränge" schon eingezeichnet sind (55) (S. 153, Fig. 18).

Ferner sagt er, dasz der mediale Lemniscus in der zweiten Hälfte des zweiten Monats wahrzunehmen ist. Es sind bogenförmige Fasern, die aus der dorsalen Zellmasse des verlängerten Markes, dem Gebiete der späteren Hinterstrangkerne, hervortreten und ventralwärts in der Richtung der Oliven zu verfolgen sind, wo die Kreuzung in der Mittellinie auf Querschnitten sichtbar ist.

In der zweiten Hälfte des zweiten Monats bemerkte His also noch keine Differenzierung der Hinterstrangkerne.

Streeter (100) bringt in seiner Entwicklung des Zentralnervensystems nichts über die Entwicklung der Hinterstrangkerne.

Déjerine (25), der zur Hauptsache ebenso wie die meisten andern

Autoren, welche über die Ontogenie der ersten Stadien des Zentralnervensystems berichten, His folgte, bringt einige Mitteilungen hierüber. So soll nach seiner Angabe aus dem Gebilde, welches von His als Flügelplatte, von Déjerine als „Lame alaire" bezeichnet wird, und zwar aus dessen vertikalem Teile, der Goll'sche Kern entstehen, aus der rhomboidalen Lippe der Burdach'sche Kern, ebenso wie u. a. die kaudale Olive und die Nebenolive. Diese Anfangsstadien sind indessen nur Neuroblastenanhäufungen, aus denen heraus die Differenzierung eigentlich mehr zu erraten als zu wissen ist. Warum z. B. der Goll'sche Kern aus einem anderen Teile entstanden sein soll als der Burdach'sche Kern, ist mir nicht deutlich geworden.

Es schien mir von Bedeutung, zu versuchen, festzustellen, aus welchen Teilen sich die Hinterstrangkerne differenzieren und in welchem Stadium der ontogenetischen Entwicklung zuerst von eigentlichen Hinterstrangkernen die Rede ist. Vergegenwärtigen wir uns zunächst kurz das Wesentlichste aus der Ontogenese, indem wir an der Hand der Untersuchungen von His (55) und Streeter (100) verfolgen, was im ersten Monat geschieht.

Das gesamte Zentralnervensystem entsteht schon früh aus einer aus dem Ektoderm entstehenden Anlage der Neural- oder Medullarplatte. Wenn das Ei anfängt, sich zu teilen und die Zellen sich zu drei Keimblättern angeordnet haben (Ektoderm, Entoderm, Mesoderm), dann fängt ein Teil des Ektoderms an, sich zu verdicken; derselbe wird in die lange, axial gelegene Medullarplatte verwandelt und es entsteht die Medullarfurche. Die Ränder der letzteren wölben sich aufwärts, legen sich gegeneinander, verschmelzen und bewirken auf diese Weise, dasz sich die Medullarplatte zum Medullarrohre umgestaltet. Dessen vorderer Teil, der Kopfteil, wird allmählich geräumiger, und durch Einschnürungen treten deutlich drei Hauptteile zum Vorschein: die drei primären Hirnbläschen sind zu erkennen. Aus deren verdickten Wänden entsteht das Vorder- und Mittelhirn mit allen zugehörigen Organen. Der kaudale Teil wird zum Rückenmark umgebildet. Der Rückenmarkskanal ist das übrigbleibende Lumen der betreffenden kaudalen Abteilung des primitiven Nervensystems. Die erweiterten Höhlen im vorderen Teile des Nervenrohres werden die späteren Hirnventrikel. Die Nerven, welche das Zentralnervensystem mit der Peripherie verbinden, kommen entweder aus der Wand des Medullarrohres oder von der ektodermalen Zellleiste, die längs der dorsalen Naht liegt (Spinalganglien). Abgesehen von den Mesodermelementen, die später in Begleitung der Blutgefäsze nach innen dringen, rühren also alle wirklichen Nervenfasern des Körpers durch Wachstum und Differenzierung von den Wänden des Nervenrohres und den Ganglienleisten her, und sind sie somit ektodermalen Ursprungs. Auf

Grund embryologischer Untersuchungen bei Hühner-, Kaninchen- und Schweine-Embryonen (— das menschliche Material der allerjüngsten Stadien fehlt —) können wir uns durch die Untersuchungen von His (54 u. 55), Cajal (20), Schaper (91) u. a. eine Vorstellung von der Differenzierung in den Wänden des Nervenrohres machen. Die Hauptsachen laufen auf das Folgende hinaus: Die anfangs einfache, aus nur einer Schicht würfelähnlicher Zellen bestehende Ektodermschicht geht durch Teilung der Zellen in eine ziemlich dicke Wand über, deren aufbauende Elemente in drei gut abgegrenzte Schichten angeordnet sind. Diese drei Schichten bilden das Ausgangsmaterial für die Bildung des Ependyms, der grauen und der weiszen Masse, indem sie sich nämlich zu Stützzellen, bzw. echten Nervenzellen, differenzieren.

Gegen die Zeit des schon genannten Überganges der Medullarplatte zum Medullarrohre nehmen wir mikroskopisch wahr, wie die Zellen zu einer dicken kompakten Wand von Zellen werden, die mit vielen Kernen versehen sind und ein stark protoplasmahaltiges Ganzes bilden, das sog. Synzytium. In diesem sind dann die drei nachfolgenden Schichten zu erkennen: Ependymschicht, Mantelschicht und Randschicht. Nach auszen hin wird diese letztere durch eine Grenzmembran, die Membrana limitans externa, abgeschlossen. Darauf folgt dann das Mesoderm: auch die Ependymschicht wird von einer Membran, der Membrana limitans interna, abgeschlossen, welche die Bekleidung des Nervensystems um den Zentralkanal darstellt.

Bei weiterem Wachstum geht das Synzytium in das Myelospongium, ein mehr lockeres Netzwerk, über.

Fig. 1.

Embryo Homo. 3 mm. Das Medullarrohr ist an der Dorsalseite noch nicht geschlossen.

In einem Präparat des hiesigen Zentralinstitutes von einem menschlichen *Embryo von 3 mm* ist dieses Myelospongium mit seinen drei Schichten deutlich zu sehen. Die Dorsalnaht fehlt. (Fig. 1).

Ehe von drei Schichten die Rede ist, ging die anfangs aus *einer* Reihe Zellen bestehende Neuralwand durch Teilung der Zellen in eine zweischichtige Wand über, deren äuszere Schicht kernlos, deren innere dagegen kernhaltig ist. Die letztere differenziert darauf erst zu der Ependymschicht und der Mantelschicht. Die rings um den Ventrikel oder den Zentralkanal gelegene Ependymschicht wird auch Ventrikelschicht genannt; die intermediäre Schicht ist die Kern- oder Mantelschicht, die äuszere ist die kernlose oder Randschicht. Die Ependymschicht besteht aus einer einfachen Schicht langgebauter Zellen, die durch

Protoplasmafortsetzungen mit der Membrana limitans verbunden ist. Dazwischen fallen Kerne auf, welche mitotische Erscheinungen erkennen lassen, die sogenannten Kernzellen. Die Mantelschicht besteht aus vielen Kernzellen und anderen, nicht-mitotischen Zellen, die in den Maschen des Myelospongiums mehr oder weniger radiär angeordnet sind. Sie kann als die Anlage aller grauen Masse betrachtet werden. Die Randschicht stellt die Anlage der weiszen Masse dar, und durch ihre Maschen gehen alle langen Fasern des Rückenmarks und des Gehirns. Sie bleibt lange von Kernen frei und besteht allein aus dem Netzwerk des Myelospongiums.

Die Zellen, welche in dem ursprünglichen Synzytium einem und demselben Zelltypus angehörten, gehen bei weiterer Differenzierung in zwei Haupttypen über: Spongioblasten und Neuroblasten.

Die ersteren, die Spongioblasten, bilden das unterstützende Netzwerk, die Neuroglia; aus den primitiven Neuroblasten werden die verschiedenen Formen von Neuroblasten gebildet. In dem indifferenten Stadium, in welchem man diese beiden Typen nicht erkennen kann, dem primären Stadium des Synzytiums, spricht man denn auch von indifferenten Zellen. Die Stützzellen sind in ihrer Bildung den Neuroblasten etwas voraus. Die Differenzierung erfolgt allmählich, sodasz man in Präparaten Spongioblasten und deutliche Neuroblasten unterscheidet, während andere noch als indifferente bezeichnet werden müssen. Wir nennen das ganze Stützgerüst mit Zellen und Fasern zusammen Neuroglia. Die Teile, aus denen es sich aufbaut, sind Ependym, Gliazellen und Gliafasern. Wir lassen die Neuroglia weiterhin auszer Betracht und beschränken uns auf die Neuroblasten.

Gegen das *Ende des ersten Monats* sieht man die Neuroblasten deutlich in dem allgemeinen Netzwerk als echte Ganglienzellen auftreten. In den feinen Maschen dieses Netzwerkes bilden sie deutliche Nester von Zellen. Die Nester wuchernder Neuroblasten stellen einen charakteristischen Teil der Kern- oder Mantelschicht dar, und den Neuroblasten entstammen alle echten Nervenzellen des Rückenmarkes und Gehirns. Die Neuroblasten haben eine charakteristische Form. Sie enthalten einen deutlich ins Auge fallenden Kern und einen nach der einen Seite sich verjüngenden Protoplasmakörper, der sich in einen schlanker werdenden Ausläufer fortsetzt, welch letzterer zum späteren Achsenzylinder der Zelle wird. Diese primären Zellenfortsätze besitzen die Neigung, sich aneinanderzulegen und so ein gemeinschaftliches Bündel zu bilden.

Bei einem *Fötus von 10 mm* sehen wir die Ependymschicht, Neuroblasten, indifferente Zellen, stützendes Netzwerk. Die ventralen Teile dieses Fötus sind stärker verdickt als die dorsalen. Die Randschicht weist keine Spur von Differenzierung auf. Die Flügelplatten der dorsalen Teile zeigen schon eine Verdickung der Neuroblastenschicht. Die motorischen

Zellen der ventralen Partien sind denjenigen der dorsalen soweit voraus, dasz wir die ersten Ausläufer der ventralen Zellen wahrnehmen. Die Membrana limitans externa ist in unserem Präparat sehr deutlich, die Membr. lim. int. dagegen weniger. Ferner bemerkt man die ersten Stränge von längsverlaufenden Fasern.

Der dorsale Abschlusz ist ein vollständiger. Von einem Übergange des Rückenmarkes in die Medulla oblongata ist nichts zu spüren.

Das folgende Präparat betrifft einen *Fötus von 13 mm.* Von nun an ist es die dorsale Abteilung, die an erster Stelle unsere Aufmerksamkeit erfordern wird. Es ist noch keine Raphe vorhanden; der Platz für die Hinterstränge ist schon gebildet. Eigentliche Hinterstränge sehen wir hier also noch nicht; aber dorsalwärts von den einströmenden Hinterwurzeln befindet sich die Stelle, welche wir das Hinterstrangfeld nennen könnten.

Bei dem folgenden Präparat, einem menschlichen *Fötus von 14 mm* ist eine deutliche Raphe sichtbar. Es hat den Anschein, als ob die Neuroblastenwucherung in der Weise erfolgt, dasz sie sich radiär zur Raphe placieren. Hier besteht in der Mitte eine membranöse Scheidewand, die den dorsalen Teil in eine linke und eine rechte Hälfte zerlegt. Von den motorischen ventral gelegenen Zellen sehen wir deutlich Nervenfasern ausgehen. In Höhe der Formatio reticularis ist ein feines Netzwerk, auch in der vorderen Kommissur. Nunmehr sehen wir auch deutlich die Hinterwurzeln einströmen. In diesem Präparat läszt sich auch die Bildung des rhombenzephalen Teiles der späteren Medulla oblongata gut studieren. Bezugnehmend hierauf erachten wir es angebracht, an dieser Stelle eines und das andere über das von His beschriebene Rautenhirn mitzuteilen, was zum guten Verständnis der späteren Bildung der in der Medulla oblongata liegenden Kerne erforderlich ist.

Der Schlüssel zum Verständnis des Rhombenzephalons und seines Baues liegt in dem Prinzipe, demzufolge sich die Nervenfasern und-zellen von bestimmten Ausgangspunkten aus ausbreiten. Die zuerst vorhandenen Gebilde werden durch später entstandene auseinandergedrängt oder überwuchert. Das relative Alter des einen Teiles bedingt zugleich seine Lage zu anderen nahegelegenen Teilen. Die Zeit ist also ein Hauptfaktor für das Verständnis des Aufbaues des Markes (Flechsig, His). Von groszer Bedeutung für das richtige Verständnis des Aufbaues sind ferner die Schnittrichtung, die Dicke der Schnitte, die Art und der Grad der Härtung, die Frische des Materials und die Färbemethoden. So erweist sich denn das Studium der Ontogenese als keineswegs leicht und durch viele Bedingungen beherrscht. His ist der erste, der in eingehender und dokumentierter Weise das Rhombenzephalon in den jüngsten Stadien studiert und beschrieben hat.

Er bezeichnet als Rautenhirn denjenigen Teil des Zentralnerven-

systems, der alle rings um die rautenförmige Furche liegenden Teile umfaszt, also die Medulla oblongata, den Pons, das Kleinhirn und den Isthmus. Von kaudal aufwärts schreitend sehen wir die dorsalen Hälften des Rückenmarkes auseinanderweichen; bei äuszerer Betrachtung zeigt sich also ein rautenförmiges Feld. Die Raute beginnt an der Nackenbeuge; ihre grösste Breite liegt in Höhe der Brückenkrümmung, danach wird das rautenförmige Feld wieder schnell kleiner, und schlieszlich endigt es in der Weise, dasz die orale Spitze nach dem Dache des Isthmus gerichtet ist. His teilt das Rautenfeld in 5 Teile. Der erste derselben grenzt an das Rückenmark und vermittelt dessen Anschlusz an die eigentliche Medulla. His bezeichnet es als Schaltstück. Der zweite Teil ist das Gebiet des Calamus scriptorius, der dritte das Gebiet der grösszten Breite; der vierte enthält Kleinhirn und Pons und endlich der letzte, am meisten oralwärts gelegene Teil den Isthmus. Dieselben Gebiete lassen sich auch beim Erwachsenen nachweisen. Das erste Stück enthält die späteren Clavae, das nach auszen gewölbte Gebiet der Hinterstrangkerne. Bei vierwöchigen Embryonen ist der erste Teil noch nicht vom zweiten zu unterscheiden. In späteren Stadien schiebt sich die Spitze der Raute nach oben und rundet sich dieselbe mehr ab. (Obex). Dies kommt dadurch, dasz die Ränder des Anschluszstückes miteinander verwachsen.

Nach Ablauf des ersten Monates bestehen die Wände des Nervenrohres — wie sich dies an unseren Präparaten von 13 und 14 mm genau verfolgen läszt — aus zwei lateralen Platten, die ventral durch eine Boden- und dorsal durch eine Dachplatte verbunden sind. Die letztere wird im Gebiete der rautenförmigen Furche sehr dünn. Die lateralen Wände sind beim Rückenmark durch den Sulcus limitans in eine ventromediale Bodenplatte (motorisch) und eine dorsolateral gelegene Flügelplatte (rezeptorisch) geschieden. Auch bei dem Rhombenzephalon ist der Sulcus limitans zu finden. Im Gebiete des Rhombenzephalons treffen wir nach den ersten 4 Wochen die grösszten Veränderungen in der Flügelplatte. Die starke Entwicklung der letzteren entsteht durch die ungemein starke Wucherung von Neuroblasten in der Mantelzone dieser Platten. So sehen wir längs des Tractus solitarius, der absteigenden Wurzel des Nervus vestibularis und des Quintus Anhäufungen von Neuroblasten, die zu den rezeptiven Kernen für diese verschiedenen Faserbündel werden. (Nucl. tract. sol., Nucl. vest. desc. und Nucl. spin. nervi trig.).

An dem kaudalen Teile bilden sich in ähnlicher Weise die Nuclei gracilis und cuneati, in denen die langen aszendierenden Fasern des Fun. post. endigen. Von diesen rezeptiven Kernen aus entwickeln sich Axonen, die in groszer Zahl die Formatio reticularis durchziehen, kreuzen und an der entgegengesetzten Seite neben der Raphe ein Längsbündel

bilden, den Lemniscus medialis, der nach dem Mittelhirn und dem Thalamus verläuft. Betrachten wir an der Hand dieser Sachlage unser Präparat von einem Fötus von 13 mm, dann ergibt sich bei einer von mir angefertigten Wachskonstruktion, dasz von Clavae nichts zu bemerken ist.

Auf Querschnitten überrascht es den Untersucher, dasz die dorsalen Teile der grauen Masse (die späteren Hinterhörner) nicht divergieren, wie dies in weiteren Stadien der Fall ist, sondern konvergieren. Mit andern Worten: von einem zwischen ihnen liegenden Nervenbündel in der Art der Goll'schen und Burdach'schen Stränge ist keine Rede.

In unseren Präparaten von einem menschlichen Fötus von 14 mm können wir in der Randschicht deutlich in den Maschen die Querschnitte von längsverlaufenden Fasern wahrnehmen. Die Anzahl durchschnittener Fasern ist noch sehr gering, etwa 5—8 in jedem der kleinen Fächer; bei stärkster Vergröszerung sieht man sie als feine Punkte in den Ecken der Maschen, sodasz sie also keineswegs das Netzwerk ausfüllen.

Wir geben von diesem Fötus nebenstehend die Abbildung eines Schnittes durch das obere Zervikalmark.

Fig. 2.
Foetus Homo. 14 mm. Die Hinterstränge (*a*) sind noch kaum angelegt.

Bei einem *Fötus von 17 mm* ist die Entwicklung schon etwas weiter fortgeschritten. Die Hinterhörner konvergieren nicht mehr; jedoch ist von eigentlichen Hintersträngen noch keine Rede. Vielmehr sind es nur die Hinterhörner, die in der Raphe gegeneinander anliegen.

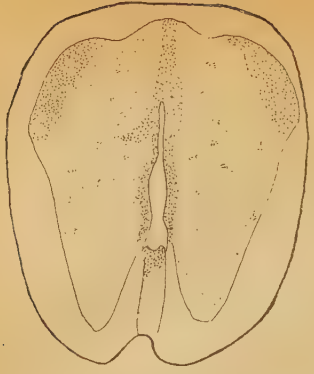
Bei einem *Fötus von 18 mm* sind ebenfalls noch keine Hinterstränge vorhanden; noch immer liegen die Hinterhörner gegeneinander, ohne durch weisze Masse getrennt zu sein.

Gegen das *Ende des zweiten Monates* fängt das Bild an, sich zu verändern.

In der nach Apathy gefärbten Schnittserie von einem menschlichen *Fötus von 32 mm* finden wir zuerst deutliche Hinterstränge, die freilich, wie ausdrücklich bemerkt sei, in diesem Stadium noch nicht scharf von einander zu trennen sind.

Die umseitigen Figuren 3—9, welche von mir halb schematisch mit Hilfe des Edinger'schen Apparates angefertigt wurden, stellen Querschnitte durch die Medulla oblongata des vorgenannten Embryos dar.

Fig. 3 zeigt einen Querschnitt durch den kaudalsten Teil der Medulla oblongata. *d* bedeutet dorsal, *v* = ventral. *H S* bedeutet Hinterstränge. An der Dorsalseite der grauen Masse befinden sich die Hinterstränge, die ein schmales Band bilden, das nach oralwärts immer länger



v

Fig. 3.

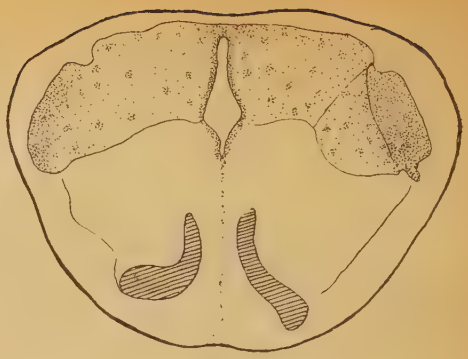


Fig. 7.

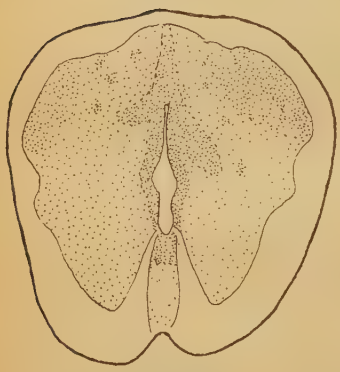


Fig. 4.

Fig. 8.

Fig. 5.

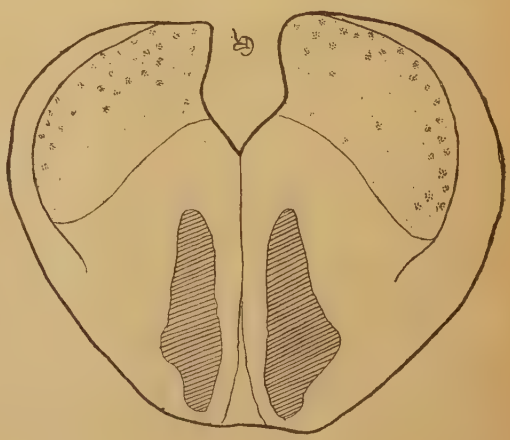


Fig. 9.

Fig. 6.

Foetus Homo. 32 mm. Medulla oblongata. — Erste Anlage der Hinterstrangkerne.
(Siehe Text S. 23 u. 25).

und schmäler wird. An der dorsolateralen Seite des Querschnittes ist die Quintuswurzel gleich einer Kappe sichtbar, durch einen seichten Sulcus von dem Gebiete der Hinterstrangkerne geschieden. Man sieht in dieser Figur eine leichte Andeutung des Goll'schen Kernes. Von einem Burdachkern ist noch nichts zu finden.

Fig. 4 bietet einen etwas mehr oral liegenden Querschnitt dar, der sich wenig von dem vorigen unterscheidet.

Fig. 5 ist einem mehr zerebral liegenden Niveau entnommen. Hier sehen wir zuerst die Zellnester auftreten, die wir als „Inselchen" in den Hinterstrangkernen beim Erwachsenen im ersten Kapitel beschrieben. Die kaudale Hauptolive ist auf diesem Niveau in ihrem unteren Pole durchschnitten.

Fig. 6. Deutete sich schon in der vorigen Figur das erste Erscheinen des Burdachkernes durch das Auftreten neuer Zellnester neben dem Goll'schen Kern an, so wird dieser Vorgang hier noch deutlicher. Die Abgrenzung zwischen dem Gebiet der Hinterstrangkerne einerseits und dem spinalen Trigeminusgebiet andererseits, die in den drei vorhergehenden Schnitten nur mehr oder weniger künstlich durchführbar wäre, tritt auf diesem Niveau sehr scharf zutage. Die kaudale Hauptolive ist hier noch in ihrem oberen Drittel getroffen.

Fig. 7 zeigt einen Querschnitt auf einem wiederum etwas mehr oralen Niveau. Es ist nur noch ein sehr schmales Band der Hinterstrangkerne vorhanden.

Fig. 8, einem mehr zerebral gelegenen Niveau entstammend, läszt das Verschwinden der Hinterstrangkerne erkennen. Der Zentralkanal hat sich fast geöffnet.

Fig. 9 ist die Reproduktion eines Schnittes durch den vierten Ventrikel. Die Hinterstrangkerne sind nicht mehr zu sehen. Die kaudale Hauptolive ist hier in ihrer grösszten Breite durchschnitten.

Zum Schlusse sei bemerkt, dasz in diesem Stadium von einem primitiven Blumenaukern (grosze Zellen) noch keine Rede ist.

Ubrigens bestehen auch keine wahrnehmbaren Unterschiede zwischen den Aufbauelementen des Goll'schen und des Burdach'schen Kernes. Die Neuroblasten sind alle von gleichem Typus und unterscheiden sich nicht in Form oder Grösze.

In einer anderen Abbildung eines menschlichen Fötus von 32 mm, die wir umstehend bringen, überrascht uns schon ein Beginn des späteren Aspektes der Hinterstrangkerne, nämlich der mehr oder weniger gelappte Bau. Die Nester sind hier nicht so deutlich wie in Fig. 5. Der durch die Bildung dieser Nester — der sog. „Inselchen" — charakterisierte Aspekt dürfte offenbar darauf zurückzuführen sein, dasz mit dem Gröszer werden der Extremitäten und der zunehmenden Bedeutung der

ganzen Hautoberfläche die Anzahl langer aufsteigender Fasern derart zunimmt, dasz kein Platz für alle Endverzweigungen übrig bleibt, sodasz die Zellen häufchenweise auseinander gedrängt werden. Ich komme hierauf später noch zurück, wenn sich in der Phylogenese zeigen wird, dasz gerade bei den höchsten Tierarten und auch beim Menschen der gelappte Bau stärker hervortritt als bei den Tieren mit weniger entwickelten Hintersträngen und Hinterstrangkernen.

Für das Studium der nächstfolgenden Entwicklungsstufe: im *Anfange des dritten Monates*, kamen uns zwei Präparate aus dem hiesigen Zentralinstitut für Hirnforschung von menschlichen *Föten von bzw. 50 und 55 mm*, von denen das erstere nach Bielschowsky, das letztere mit Hämatoxylin-Eosin gefärbt ist, sowie ein ebenfalls dort angefertigtes Wachsmodell gut zustatten. Bei äuszererer Betrachtung ist von einer Clavabildung noch nichts wahrzunehmen. Beim Studieren der Querschnitte bemerkt man, dasz die Hinterstränge schon etwas gröszer sind als am Ende des zweiten Monates, obwohl die Form des ganzen Rückenmarkes noch an ein Amphibienrückenmark erinnert. Was die Hinterstrangkerne betrifft, wird die Anlage des Goll'schen und Burdach'schen Kernes, deren Abgrenzung in vagen Umrissen beginnt, deutlicher; auch die Zellnester in den Kernen treten mehr hervor. Von einem Blumenaukern, der sich durch gröszere Zellen von dem Reste der beiden anderen Hinterstrangkerne unterscheiden lassen sollte, ist in diesem Entwicklungsstadium noch nichts zu entdecken.

Fig. 10.
Foetus Homo. 32 mm.
Erste Anlage der Hinterstrangkerne.
G = Goll'scher Kern.
B = Burdach'scher Kern.
Q = Quintusgebiet.

In *Präparaten von 65 und 74 mm* finden wir den Goll'schen und den Burdach'schen Kern bereits wieder etwas mehr differenziert. Bei dem gröszeren Präparat ist der Unterschied zwischen dem Goll'schen und dem Burdach'schen Kern bereits dadurch augenfälliger, dasz sich Fasern gleich einem Keile zwischen die beiden Hinterstrangkerne eindrängen und so eine Scheidung zwischen der medialen und der lateralen Kerngruppe herbeiführen.

Für das Studium des *vierten Monats* standen uns hierfür erforderliche Präparate (— Föten zwischen 9 und 16 cm —) nicht zur Verfügung.

Wohl aber aus dem *Beginn des fünften Monats* und zwar eine Biel-

schowskyserie eines *Fötus von 16 cm Länge*, von welchen Querschnitten wir in untenstehender Fig. 11 einen darbieten.

Ein auffallendes Gebilde in dieser Figur ist ein abgespaltener Kern, den wir nach dem Vorgange Cajal's, wie dieser es beim Erwachsenen tut, Noyeau rond interne würden nennen können. Auch findet sich im Präparat ein in dieser Figur freilich nicht sichtbarer äuszerer Kern, der jedoch noch durch keine groszen Zellen charakterisiert ist, sodasz wir lieber mit Cajal von einem Noyeau rond externe sprechen.

Der übrige Aspekt der untenstehenden Abbildung zeigt zuerst — was die Hinterstrangkerne betrifft — Ähnlichkeit mit dem Bilde, das diese beim Erwachsenen darbieten. Von diesem Zeitpunkte an nähern sie sich stetig mehr dem Typus beim Erwachsenen.

Nebenstehend bringe ich noch die Abbildung eines Fötus von 27 cm Länge. In dieser Figur ist zwar infolge anderer Schnittrichtung von einer Trennung zwischen dem Goll'schen und dem Burdach'schen Kern absolut nichts zu erkennen, wie diese bereits bei

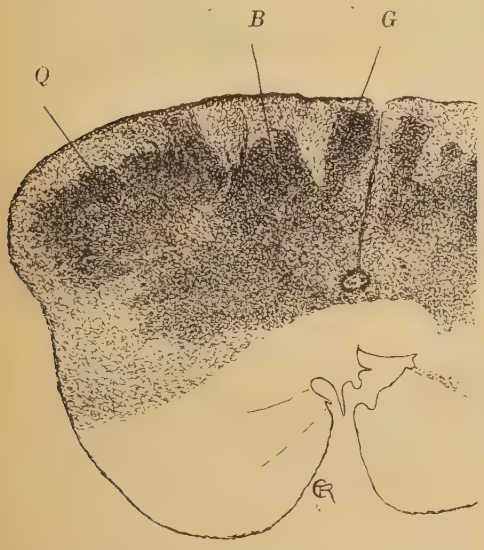


Fig. 11.

Bielschowskypräparat von einem *Foetus Homo von 16 cm.* Die Hinterstrangkerne sind deutlich und zeigen zuerst in der Ontogenese Ähnlichkeit mit dem Bau beim erwachsenen Individuum. Rechts ein abgespaltener Kern (Noyeau rond interne).

G = Gollkern.
B = Burdachkern.
Q = Quintusgebiet.

Fig. 12.

Foetus Homo 27 cm.

(Andere Schnittrichtung als in Fig. 11.) Die Hinterstrangkerne sind als einzelne Grüppchen (Inselchen) dicht aufeinandergehäufter Zellen zu sehen: die Trennung zwischen Goll'schem und Burdach'schem Kern ist hier dagegen nicht sichtbar.

dem Fötus von 16 cm (Fig. 11) so deutlich war; statt dessen ist aber in Figur 12 die Zellnesterbildung deutlich zu sehen.

Eine von mir geschnittene Serie eines *Fötus von 29 cm* gewann dadurch für mich eine besondere Bedeutung, dasz ich in seinen Querschnitten *zuerst den Nucleus magnocellularis*, den Blumenaukern, mit seinen groszen Zellen antraf.

Von nun an gestaltet sich die Differenzierung der Hinterstrangkerne immer deutlicher und bieten sie zu keiner besonderen Betrachtung mehr Anlasz; nur vollständigkeitshalber gebe ich in der untenstehenden Figur 13 noch eine Abbildung der Hinterstrangkerne eines menschlichen *Fötus von 42 cm* und in Fig. 14 eine solche von den Hinterstrangkernen eines *Kindes von 5 Monaten.*

Fig. 13.
Hinterstrangkerne eines menschlichen Fötus von 42 cm.

Fig. 14.
Hinterstrangkerne eines Kindes von 5 Monaten.

Bei den bisher besprochenen ontogenetischen Präparaten handelte es sich um Zellfärbungen. Unsere ersten Weigert-Pal-Präparate entstammen Föten von 23 cm. In diesen letzteren und denjenigen von 32, 35 und 42 cm konnte die Myelinisierung der Hinterstränge verfolgt werden.

Nachdem Flechsig (34) im Jahre 1876 in seiner grundlegenden Arbeit die Entwicklung der Nervenbahnen im Rückenmark und im übrigen Zentralnervensystem an der Hand der Markscheidenentwicklung studiert hatte, ist namentlich von Trepinsky (101) und ferner von

Bechterew (2) und anderen die Reifung der verschiedenen Systeme einem eingehenden Studium unterzogen worden.

Bei unserm Präparat von 23 cm ist die Myelinisierung noch sehr wenig fortgeschritten. Die erste Entwicklung von Mark in den Hintersträngen hat schon begonnen, indem deren ventrale Abteilung mit spärlichen, weit auseinanderliegenden markhaltigen Fasern besetzt ist; in der dorsalen Abteilung fehlen sie noch ganz.

Nicht scharf hervorgehoben wurde der Umstand, dasz sich im ventralen Teil eine Stelle findet, die ebenso wie der dorsale Teil der Hinterstränge kein Mark enthält. Die ventrale Wurzelzone Flechsig's ist identisch mit Trepinsky's zuerst erscheinendem System von Wurzelfasern; *aber in diesem System musz m. E. der Mittelteil als ein später myelinisierendes Feld gesondert betrachtet werden.*

Beim Fötus von 28 cm ist die Myelinisierung des ventralen Feldes weiter fortgeschritten und im dorsalen Feld hat dieselbe eben begonnen.

Bei einem Fötus von dieser Grösze bemerkt auch Winkler, dasz „im Brust- und Halsmark jedoch immer ein Feldchen übrigbleibt, das nahezu nicht myelinisiert ist".

Beim Fötus von 35 cm ist der Gegensatz zwischen dem ventralen und dem dorsalen Teil der Hinterstränge wieder sehr scharf.

Hier werden die drei sogenannten Wurzelzonen beschrieben, bezüglich deren ich nach Trepinsky verweise. Ich betone hier nachdrücklich, dasz beim Fötus von 35 cm sowohl im Brustteil als im Halsmark noch immer das vorhergenannte Feldchen zu erkennen ist. Auch hier hat die Myelinisierung des medianen Teiles, der als ein breiter Streifen im Halsmark erscheint, noch kaum begonnen.

Das weisze Band, das die spätē Myelinisierung andeutet, konnte ich bei meiner Untersuchung der menschlichen Föten von 23, 32, 35 und 42 cm stets wahrnehmen. Das zuletzt myelinisierende Feldchen liegt zwischen den Goll'schen und Burdach'schen Strängen.

His hat bei einer tausendfachen Vergröszerung Zeichnungen von den Hintersträngen angefertigt. Bei dem Fötus Br 3, der 4 Wochen alt war, konnte er feststellen, wieviele quer durchschnittene Fasern in den Hintersträngen gefunden werden. Die gesamte Oberfläche der Hinterstränge betrug rund 500 Quadratmikra im untersten Brustmark. Auf diese Fläche entfielen 80—90 quer durchschnittene Hinterwurzelfasern. Bei einem anderen Embryo, der eine Woche älter war, betrug die Oberfläche des Querschnitts der Hinterstränge auf demselben Niveau wie beim vorgenannten jüngern Embryo, 12000 Quadratmikra (— sie hatte sich also in einer Woche 24 mal vergröszert —), in dem oberen Thorakalmark 22500 Quadratmikra. Die Anzahl Fasern betrug beim

älteren Embryo auf dem Niveau des unteren Brustmarkes etwa 2000 und war also auch innerhalb einer Woche 24 mal so grosz geworden; im oberen Brustmark wurde die doppelte Anzahl Fasern, nämlich 4000, gefunden.

Diese Ergebnisse sind von Interesse in Verband mit den Befunden Stilling's (99).

Stilling hat zuerst eine Berechnung der Anzahl afferenter Fasern angestellt, die in den Hinterwurzeln der 31 spinalen Fasern zu finden sind. Seine Untersuchung datiert aus dem Jahre 1859. Er verwendete, um zu einer annähernden Schätzung zu gelangen, alle Hinterwurzeln des Rückenmarkes einer sechsundzwanzigjährigen Frau.

Die Wurzeln wurden in Chromsäure gehärtet und danach mit einem Rasiermesser in der Höhe ihres Eintrittes in die Dura mater durchschnitten, worauf die Grösze der Schnittoberfläche in qmm berechnet wurde. Dabei erhielt Stilling als Summe aller Querschnitte für eine Körperhälfte 57,95 qmm. Nunmehr ward die auf 1 qmm entfallende Anzahl Nervenfasern durch Zählen ermittelt; es waren 4537 Fasern. Durch Multiplizieren dieser Zahl mit der Anzahl der berechneten qmm (= 57,95) ergibt sich als Resultat die Zahl von 262 919 Fasern, d. h. für eine Körperhälfte, was also für links und rechts zusammen rund 525 000 zentripetale oder zuführende Fasern ausmacht.

Die Untersuchungen Stilling's sind später von Ingbert (56) nachgeprüft worden, wobei sich herausstellte, dasz sie nicht mit hinreichender Genauigkeit angestellt waren (v. Gehuchten)[1]). Ingbert durchschnitt die Hinterwurzeln eines erwachsenen Mannes, insgesamt 31 spinale Nerven, und zählte dann direkt unter dem Mikroskop die Anzahl Fasern in jedem einzelnen der 31 angefertigten Querschnitte. Er gelangte zu dem Resultate, dasz die Anzahl afferenter Fasern doppelt so grosz ist wie die von Stilling gefundene Zahl, dasz sie nämlich schätzungsweise für beide Seiten mit je 31 Hinterwurzeln insgesamt etwas mehr als 1 300 000 Fasern beträgt.

Von dieser Zahl entfallen nun ungefähr 193 000 auf die Hinterwurzeln der ersten Dorsalwurzel jeder oberen Extremität und die vier unteren Zervikalnerven. Jede untere Extremität ist durch rund 258 000 (lumbale, sakrale und kokzygeale) Wurzeln, jede Rumpfhälfte durch 117 000 und jede Halshälfte durch 84 000 Fasern repräsentiert.

Alle diese zentripetalen Fasern treten durch die Hinterwurzeln ein; ein Teil von ihnen führt beim Menschen als aufsteigende lange Fasern in den Hintersträngen aufwärts, bis sie in den Goll'schen und Burdach'schen Kernen ihr Ende finden. Die kurzen Fasern (die von den fran-

[1]) v. Gehuchten. Les voies sensitives du système nerveux. L'année psychologique 1907.

zösischen Forschern wohl als myelopète bezeichnet werden, im Gegensatze zu den langen, bulbopète), gehen bald in das Rückenmarksgrau der Hinterhörner über [1]).

Indessen ist bekannt, dasz die bald kreuzenden, kurzen afferenten Fasern im Dienste der vitalen Sensibilität (Tast-, Schmerz-, Temperatursinn) stehen, während die langen Bahnen dagegen hauptsächlich zur Leitung der tiefen Qualitäten der Sensibilität (Muskeln, Sehnen, Knochen, Gelenke, Faszien) dienen. (Ein Teil des kutanen Sinnes musz, wie im letzten Kapitel nachgewiesen wird, auch wohl in den Hintersträngen verlaufen.)

Da erhebt sich nun die Frage, wieviele von den auf jede Körperhälfte entfallenden 650 000 zuführenden Nervenfasern sind wohl für die tiefe und wieviele dieser Fasern für die vitale Sensibilität bestimmt? Ingbert hat auch diese Frage beantwortet. Er ging von der von Sherrington festgestellten Tatsache aus, dasz bei der Katze in jedem Muskelnerven etwa zwei Fünftel aller Fasern sensible Fasern sind, die in Muskeln, Sehnen, Bändern usw. endigen. Drei Fünftel der Fasern sind rein motorisch. In jedem Muskelnerven der Katze ist also das Verhältnis der Gefühlsnerven zu den Bewegungsnerven gleich 2 : 3.

Indem er von diesem approximativen Anhaltspunkte ausging und annahm, dasz das numerische Verhältnis zwischen Empfindungsfasern und Bewegungsfasern in den Nervi musculorum beim Menschen und bei der Katze wohl ungefähr dasselbe sein werde, nahm er eine Zählung der zweifellos rein motorischen Nerven vor, die in den 31 Vorderwurzeln der spinalen Nerven beim erwachsenen Menschen enthalten sind und bestimmte deren Anzahl auf 203 700. Da sich nun die Anzahl der für die tiefe Sensibilität bestimmten Fasern zu der Anzahl motorischer Fasern wie 2 : 3 verhält, können wir die Anzahl afferenter Fasern, die in das Rückenmark eindringen, auf zwei Drittel der obengenannten Zahl festsetzen, d. i. 135 800.

Die vorstehenden Werte kennzeichnen sich selbstverständlich als mehr oder weniger annähernde; aber unter diesem Vorbehalte kann man sagen: Von den ca. 650 000 zentripetalen Fasern sind etwa 150 000 lange aufsteigende, und 500 000 kreuzen bald in den Hinterhörnern. Somit wird ungefähr mindestens ein Viertel des Hinterstranges die langen aufsteigenden Fasern enthalten, welche die tiefe Sensibilität leitet. Es kommt dann noch ein Teil hinzu für den erwähnten Teil des Tastsinnes.

Und in bezug auf die Leitungsverhältnisse in den Hintersträngen des Rückenmarkes läszt sich sagen: In diesen Strängen verläuft ein Viertel des längs der Hinterwurzeln einströmenden Materials.

[1]) Nur ein kleiner Teil dieser Fasern wendet sich schon in demselben Niveau nach dem Hinterhorn hin.

Suchen wir nun einen Zusammenhang zwischen den Untersuchungen von His und denjenigen Ingbert's herzustellen (welche beiden Forscher wahrscheinlich wechselseitig ihre Resultate nicht gekannt oder doch wenigstens nicht memoriert haben), dann gelangen wir durch Berechnung zu dem Ergebnis, dasz sich die Anzahl Hinterstrangfasern, die, wie schon oben erwähnt, von der vierten bis zur fünften Woche auf das 24 fache stieg, von der vierten Woche bis zum erwachsenen Alter hunderte Male vergröszert.

Dieser Umstand wirft ein interessantes Licht auf die Tatsache, dasz in der allerersten embryonalen Periode die Hinterstränge völlig fehlen, worauf aber gar bald eine Periode ungemein schneller Vermehrung einsetzt, die — wenn auch wieder ein etwas langsameres Tempo eintritt — bis zum erwachsenen Alter anhält. Was Brouwer (14) für die Phylogenese nachwies, nämlich die stetige relative Gröszenzunahme der Hinterstränge in der Reihe der Vertebraten, das manifestiert sich ebenfalls, wie zu erwarten war, in der Ontogenese.

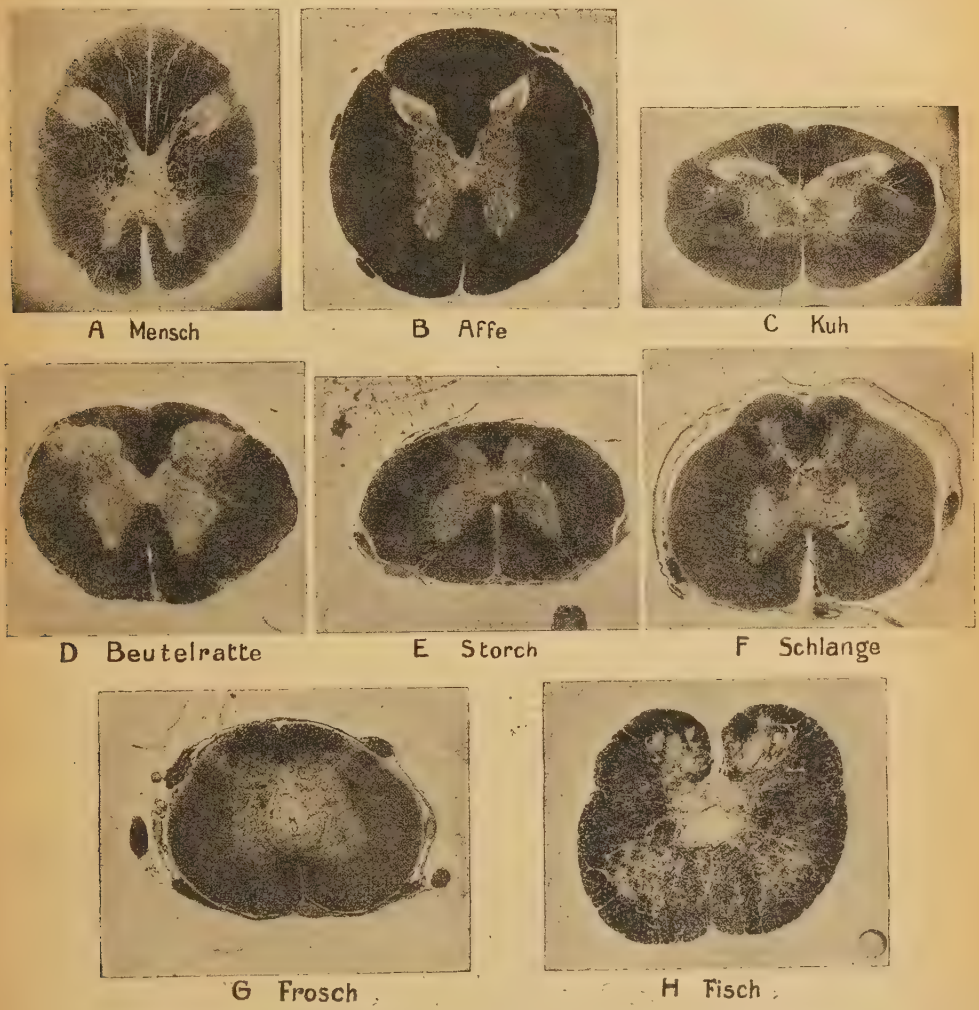
Dasz gleichzeitig mit dieser Zunahme der Hinterstränge an Grösze und Bedeutung auch die Grösze und Bedeutung der Hinterstrangkerne, in denen ja die emporsteigenden Fasern der Hinterstränge ihren Endpunkt finden, grosso modo in gleichem Masze zunehmen musz, ist klar. In der Ontogenese finden wir anfangs, wie schon eben bemerkt, überhaupt keine Hinterstränge und somit also auch keine Hinterstrangkerne. Erst vom zweiten Monate an nehmen die letzteren, wie in diesem Kapitel skizziert und durch Zeichnungen erläutert wurde, stetig an Umfang und Kompliziertheit zu.

Brouwer verglich das erste Zervikalsegment der verschiedenen Wirbeltierklassen miteinander und demonstrierte durch nebeneinander gestellte photographische Aufnahmen wie auch durch Messungen die stärker werdende Entwicklung der Hinterstränge in der Phylogenese. (Siehe hierzu die Tafel A.)

Er stellte durch möglichst genaue Wägung das Gewicht von dünnen Wachsplatten fest, denen er genau durch vorhergehende Zeichnung den Umrisz des von Fasern beanspruchten Aspektteiles gegeben hatte. Ebenso verfuhr er zwecks Ermittelung des genauen Quantums der entsprechenden weiszen Masse, und so vermochte er das prozentische Verhältnis beider Teile zu berechnen. Ich gehe hier nicht auf die Unterschiede ein, die mit der gesamten Hautoberfläche und mit dem Vorkommen anderer Bahnen im Gebiete der Hinterstränge zusammenhängen. Die Hauptsache steht fest: Die Hinterstränge nehmen stetig in demselben Masze zu, wie man von den niedrigststehenden Wirbeltieren bis zum Menschen aufwärts steigt. Dies möge hier kurz durch einige von Brouwers gefundene Ziffern illustriert werden:

TAFEL A.

Phylogenetische Entwicklung der Hinterstränge (nach Brouwer).



Aufwärtssteigend in der Tierreihe, nimmt die Menge der Hinterstrangfasern zu. Ihre Anzahl ist relativ am grösszten beim Menschen.

Ontogenetische Entwicklung der Hinterstränge.

Fig. 15.

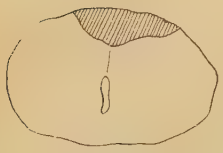


Fig. 16.

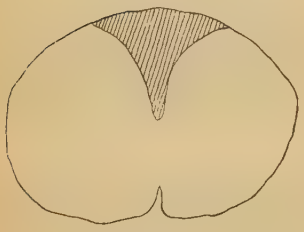


Fig. 17.

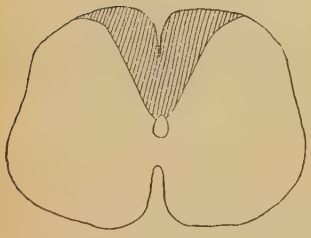


Fig. 18.

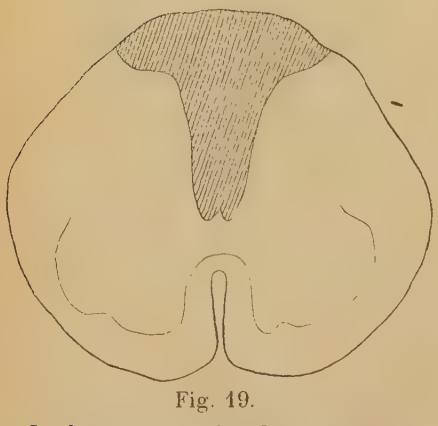


Fig. 19.

Fig. 20.

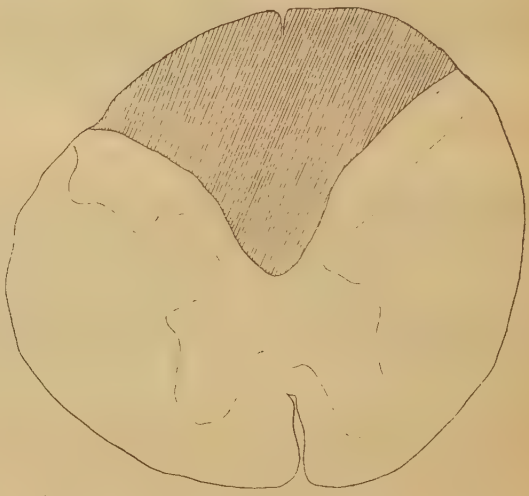


Fig. 21.

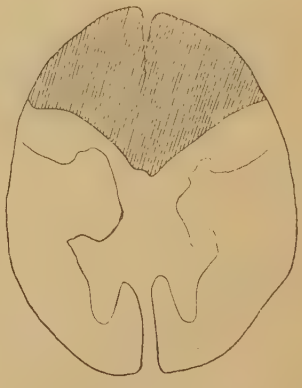


Fig. 22.

In den vorstehenden Figuren sind die Umrisse von Querschnitten aus einem und demselben Segment des Zervikalmarkes (2. Zerv. Segment) und ferner die Umrisse der in ihnen enthaltenen Hinterstränge (letztere häsiert) gezeichnet. Die Schnitte entstammen: je einem Fötus von bezw. 50 mm (Fig. 15), 55 mm (Fig. 16), 16 cm (Fig. 17), 23 cm (Fig. 18), 32 cm (Fig. 19), und 40 cm (Fig. 20); ferner einem Kinde von $10^1/_2$ Monaten (Fig. 21) und schliesslich einem Erwachsenen (Fig. 22).

	Min.		Max.
Fische	2,8	bis	6,9 °/₀
Amphibien ..	10,5	„	13,16°/₀
Reptilien	10,41	„	13,38°/₀
Vögel.	7,01	„	8,71°/₀
Säugetiere ...	14,25	„	26,43°/₀
(Elefant	32,25)		°/₀
Mensch			38,91°/₀

Brouwer unterläszt nicht, auf diejenigen Ursachen hinzuweisen, die bewirken, dasz die Zunahme keine gleichmäszige ist; (siehe hierfür seinen ursprünglichen Artikel).

Was Brouwer für die Phylogenese ausführte, glaubte ich für die ontogenetische Reihe feststellen zu müssen. Ich tat dies in folgender Weise: Zunächst zeichnete ich unter dem Edinger'schen Apparat die Umrisse von C_2 in verschiedenen fötalen Stadien [1]). Die Reproduktionen der so erhaltenen Zeichnungen findet man auf Tafel B (Fig. 15—22). Um nun das prozentische Verhältnis der Hinterstränge in den einzelnen Schnitten zu dem jeweilig entsprechenden Gesamtquerschnitt zu ermitteln, bin ich — abgesehen von einer kleinen Abweichung — in derselben Weise wie Brouwer vorgegangen. Ich zeichnete auf eine dünnere, gleichmäszig gegossene Wachstafel die Umrisse der einzelnen dafür in Betracht kommenden Rückenmarksquerschnitte (alle durch das zweite Zervikalsegment, zwecks Vergleichung mit Brouwer's Zeichnungen der phylogenetischen Reihe), und stellte, nachdem ich die einzelnen Figuren ausgeschnitten hatte, deren genaues Gewicht fest. Darauf schnitt ich aus jeder dieser annähernd kreisrunden Scheiben den häsierten Teil, der das von den Hintersträngen eingenommene Gebiet im Querschnitt darstellt, heraus und wog nun genau das übrigbleibende Stück der einzelnen runden Wachsscheibchen, welches also der weiszen Masse der Hinterstränge entsprach. Durch einfache Vergleichung der beiden Gewichtsreihen war es mir nunmehr möglich, das prozentische Verhältnis der Hinterstränge zu der Gesamtheit der weiszen Masse (— eigentlich der grauen *und* der weiszen Masse —) in den einzelnen Querschnitten durch Berechnung hinreichend genau festzustellen.

Was die eingeschaltete Berichtigung bezüglich der grauen und der weiszen Masse betrifft, sei darauf hingewiesen, dasz sich in diesen fötalen Schnitten eine genaue Abgrenzung der weiszen Masse gegenüber der grauen nicht hinlänglich durchführen liesz, was mich denn auch veranlaszte, in der obenbeschriebenen Weise zu verfahren. Übrigens tut diese

[1]) Von einigen Serien war C_2 nicht vorhanden; dadurch vielen die Serien von 65 mm und 75 mm hierfür aus.

Unterscheidung zwischen weiszer und grauer Masse hier nichts zur Sache, kam es doch allein darauf an, das prozentische Verhältnis der Hinterstrangfasern zur Gesamtmasse des übrigen Querschnittes zu ermitteln.

Tabelle.

Das Verhältnis der Hinterstränge im Vergleich zum Querschnitte des ganzen Rückenmarkes (C_2).

beim Erwachsenen	25,8 %
beim Kinde von $10\frac{1}{2}$ Monaten . .	26,5 %
beim Fötus von 40 cm.	23,3 %
beim Fötus von 32 cm.	17,4 %
beim Fötus von 23 cm.	12,5 %
beim Fötus von 16 cm.	11,2 %
beim Fötus von 5,5 cm.	11,5 %
beim Fötus von 5 cm.	13,2 %

Auch in der Ontogenese beobachten wir also dieselbe Erscheinung, welche Brouwer für die Phylogenese nachgewiesen hatte: Abnahme der Hinterstränge nach den niedrigeren Stadien hin.

An beiden Stellen treffen wir vereinzelt eine Unregelmäszigkeit an. Namentlich fällt es auf, dasz der Prozentsatz der Hinterstränge bei dem Kinde von $10\frac{1}{2}$ Monaten gröszer ist als bei dem von uns untersuchten Erwachsenen, was a priori nicht vermutet werden konnte. Ferner ist die Verhältniszahl bei den Föten von 5,5 cm und 5 cm etwas gröszer als bei dem nächst ältern untersuchten Fötus von 16 cm. Aber abgesehen von dieser Unregelmäszigkeit ist die Abnahme der Hinterstränge in der Richtung der jüngeren Altersstadien eine unverkennbare Tatsache.

Was die Ursache der Unregelmäszigkeit ist, läszt sich nicht mit Sicherheit sagen; absolut ausgeschlossen ist es ja nicht, dasz vielleicht beim Zeichnen der Figuren oder an irgend einer anderen Stelle ein Fehler gemacht wurde. Übrigens tut diese relativ kleine Unregelmäszigkeit der Beweisführung über die Gültigkeit der Regel: dasz die Hinterstränge in der Richtung der jüngeren Altersstadien ebenso abnehmen wie beim Hinabsteigen in der Tierreihe, nicht viel Abbruch.

Wir können sagen, dasz das Verhältnis der Hinterstränge im Halsmark zum Querschnitt ist:

im ersten	Monat: (Fötuslänge	0— 1 cm) . . .	0 %
im zweiten	Monat: („ „	1— 4 cm) . . .	
im dritten	Monat: („ „	4— 9 cm) . . .	12 %
im vierten	Monat: („ „	9—16 cm) . . .	
im fünften	Monat: („ „	16—25 cm) . . .	12 %

im sechsten	Monat: (Fötuslänge 25—30 cm) . . .	
im siebenten	Monat: („ „ 30—35 cm) . . .	17,4 %
im achten	Monat: („ „ 35—40 cm) . . .	23,3 %
im neunten	Monat: („ „ 40—45 cm) . . .	
im zehnten	Monat: („ „ 45—50 cm) . . .	
beim Erwachsenen		25,8 %

Es ergibt sich, dasz eine grosze Zunahme stattfindet, namentlich in den allerersten Monaten, was wir auch schon auf anderem Wege gefunden hatten (siehe S. 32). In den jüngsten Stadien ist von Hintersträngen überhaupt keine Rede.

Hand in Hand mit der hier besprochenen Entwicklung der Hinterstränge geht in der Ontogenie die Entwicklung der Hinterstrangkerne, sodasz dasjenige, was von den Hintersträngen gilt, mutatis mutandis auch von den Hinterstrangkernen gesagt werden kann. Das erste Auftreten von Hinterstrangkernen war bei dem Fötus von 32 mm (Fig. 6—10) zu konstatieren. Sie werden allmählich gröszer und zusammengesetzter von Bau (in den Föten von bezw. 55, 65 und 74 mm). Bei dem Fötus von 16 cm (Fig. 11) lassen sich der Goll'sche und der Burdach'sche Kern bereits scharf von einander unterscheiden. Bei dem Fötus von 27 cm (Fig. 12) ist die später so charakteristische Bildung der „Inselchen" schon deutlich erkennbar. Bei dem Fötus von 42 cm (Fig. 13) haben sich die Hinterstrangkerne schon fast dem Typus des Erwachsenen genähert, welcher Annäherungsprozesz bei dem Querschnitt durch die Hinterstrangkernpartie des Kindes von 5 Monaten (Fig. 14) noch weiter zu verfolgen ist.

SCHLUSZFOLGERUNGEN.

1) Die Hinterstränge nehmen in der Ontogenese stetig zu.

2) Der Goll'sche und der Burdach'sche Kern konnten in ihrer ersten Anlage schon bei dem Fötus von 32 mm erkannt werden. (Vor dieser Zeit war die Anlage der Hinterstränge schon sichtbar.) Die Abgrenzung zwischen ihrem Gebiete und dem Gebiete des spinalen Trigeminus war deutlich bei diesem Fötus.

3) Die fortschreitende Entwicklung der Goll'schen und Burdach'schen Kerne ist direkt von dem Zunehmen der Anzahl aufsteigender langer Fasern abhängig. Infolge der Gröszenzunahme nimmt auch die Anzahl Zellnester (Inselchenbildung) zu, und die Lamellierung der Kerne in den älteren Stadien ist von der Tendenz zur Oberflächenvergröszerung der Kerne abhängig.

4) Der Blumenaukern tritt erst viel später auf als der Goll'sche

und der Burdach'sche Kern. Erst beim Fötus von 29 cm konnten die groszen Zellen des Blumenaukernes nachgewiesen werden.

5) Der Goll'sche und der Burdach'sche Kern zeigen erst gegen die Mitte der Schwangerschaft die Form der Kerne, wie diese beim erwachsenen Individuum bekannt sind.

6) Die Zunahme der Bedeutung sowohl der Hinterstrangkerne als der Hinterstränge läuft mehr oder weniger demselben Prinzip in der Phylogenese parallel.

KAPITEL III.

Phylogenese der Hinterstrangkerne.

A. Säugetiere.

Für das Studium der Hinterstrangkerne nach der Seite ihrer phylogenetischen Entwicklung stand mir das sehr umfangreiche und vortreffliche Material des hiesigen Zentralinstitutes für Hirnforschung zur Verfügung. Auszerdem habe ich selbst einige Serien bearbeitet. Die meisten Präparatstudien wurden an durchlaufenden, nach Weigert-Pal oder v. Gieson gefärbten Serien gemacht.

Ich untersuchte die folgenden Arten:

Simiae.
- Anthropopithecus troglodytes.
- Atelus hybridus.
- Cebus fatuellus.
- Oedipomidas oedipus.

Prosimiae (Lemuridae).
- Lemur catta.

Carnivora (Fissipedia).
- Felis domestica.
- Canis familiaris.

Carnivora (Pinnipedia).
- Phoca vitulina.

Sirenia.
- Manatus latirostris.
- Halicore dugong.

Proboscidea.
- Elephas indicus.

Artiodactyla.
- Sus scrofa (domesticus).

Perissodactyla.
- Equus caballus.

Cetacea (Odontoceti).
- Tursiops tursio.
- Phocaena communis.

Rodentia.
Mus decumanus.
Arctomys marmota.
Lepus cuniculus.
Xenarthra (Edentata).
Myrmecophaga jubata.
Tamandua tetradactyla.
Chiroptera.
Vesperugo noctula.
Vespertilio murinus.
Insectivora.
Talpa europaea.
Erinaceus europaeus.
Marsupialia.
Macropus robustus.
Didelphys marsupialis.
Hypsiprymnus murinus s. Potorous tridactylus.
Monotremata.
Echidna aculeata.

Es ist zwar keine Gewohnheit, die Phylogenese in absteigender Reihenfolge, von oben nach unten schreitend, zu studieren, aber in diesem Falle habe ich die Resultate meiner Untersuchung in derselben Reihenfolge gebracht, in welcher ich die Untersuchung vornahm. Es ist nicht allen Tierarten dieselbe Aufmerksamkeit geschenkt worden. Wenn eine Tierart keinen Anlasz zu besondern Bemerkungen bot, habe ich ihr nur wenige Zeilen gewidmet, während ich wiederum andere ziemlich eingehend beschrieb. Um nicht in Wiederholungen zu verfallen, habe ich *nur das Besondere* im Bau der Hinterstrangkerne hervorgehoben.

SIMIAE.

Anthropopithecus troglodytes (Troglodytes niger; Schimpanse).

Die Hinterstrangkerne sind grosz; der Burdach'sche, der Goll'sche und der Blumenaukern sind gut entwickelt, der zweitgenannte am meisten. Die eigentlichen Hinterstrangkerne sind beim Menschaffen ebenso wie beim Menschen lamelliert und gelappt (siehe Figur 23).

Der Goll'sche Kern ist besonders grosz; er reicht bis *a* und biegt, wie in der Figur deutlich zu sehen ist, nach lateralwärts um, was beim Menschen nicht der Fall ist. Im Gegensatze zu der Sachlage beim Menschen übertrifft hier der Goll'sche Kern den Burdach'schen und verjüngt er sich in eine Spitze (bei *a*).

Fig. 23.
Hinterstrangkerne.
Troglodytes niger.
Querschnitt durch den oberen Pol der kaudalen Hauptolive.
NG = Goll'scher Kern.
NB = Burdach'scher Kern.
FB = Funic. Burdachi.

Der Burdach'sche Kern (N B) liegt ventral von dem Funic. Burdachi (F B). Zwischen dem Burdach'schen und dem Blumenau'schen Kern bemerken wir eine Anzahl Verbindungsbrücken aus grauer Masse. In den distalen Teilen des Nucl. cun. ext. treffen wir weniger grosze Zellen an als in den oralen. Die Zellen des Blumenaukernes sind polymorph und bedeutend gröszer als die Zellen der Nucl. cun. und grac.; sie sind schon bei sehr schwacher (10 facher) Vergröszerung deutlich sichtbar. Die Axonen scheinen von der Peripherie abgewandt zu sein. Auch bemerken wir Verbindungsbrücken aus grauer Masse zwischen dem Nucl. cun. ext. und dem spinalen Trigeminus.

Etwas mehr oralwärts nimmt der Gollsche Kern an Umfang ab, während der Burdachkern, der auch bei Troglodytes in toto etwas höher liegt als beim Menschen, seinen gröszten Umfang erreicht, wie aus Querschnitten erhellt. Der Nucleus Blumenau ist dann in den Querschnitten ebenso grosz wie der Nucleus cuneatus. Der Blumenaukern ist weniger kompakt von Bau; wird aber durch starke längsverlaufende Faserbündel durchschnitten und dadurch gleichsam in einige kleine Kerne zerlegt.

Noch etwas mehr oralwärts, dort wo die kaudale Hauptolive in ihrem unteren Drittel getroffen wird, sehen wir auch den Burdachkern an Umfang abnehmen; der Nucl. cun. ext. dagegen is sehr grosz. Viele

grosze Zellen finden sich am Auszenrande des Fun. cuneat. Das Corp. restif. ist schon angelegt.

Auf einem noch mehr zerebralwärts gelegenen Niveau finden wir auch die mediale Nebenolive (Fig. 24).

In dem oralen Teil des Burdach'schen Kernes sind ebenso wie beim Blumenaukern mehr grosze Zellen als in den kaudalen Teilen der Kerne. Der Goll'sche Kern ist nahezu ganz verschwunden. Der Nucl. Blumenau übertrifft den Burdachkern, der sich auch schon fast ganz erschöpft hat.

Fig. 24.
Hinterstrangkerne von Troglodytes. Durchschnitt durch den oralen Teil der Hauptolive.

In etwas mehr oralwärts gelegenen Schnitten finden wir den Nucl. proprius corp. rest. (Wernickekern), der sich in seiner Struktur etwas von dem Nucl. cuneat. ext. unterscheidet, indem er nämlich etwas weniger intensiv gefärbt ist und weniger grosze Zellen enthält als der letztere und bei ihm ferner die Durchschneidung mit Längsbündeln fehlt. Noch mehr oralwärts bemerken wir an der Stelle des Blumenaukernes den Vestibulariskern.

Beim Schimpansen haben wir keinen medianen unpaarigen Kern, den Schwanzkern oder den Bischoffkern, wahrgenommen. Bei den meisten Tieren mit einem Schwanz sehen wir nämlich zwischen den beiden Goll'schen Kernen einen gesonderten Kern auftreten, der von Bischoff zuerst beschrieben wurde. Der Schimpanse als schwanzloser Affe besitzt denn auch diesen Bischoffkern nicht. Die hinteren Extremitäten sind viel kräftiger als die vorderen, welch letztere denn auch in nur geringem Masze als Gehwerkzeuge dienen. Als Greiforgan hat die Hand beim Schimpansen längst nicht den Grad der Vollkommenheit wie beim Menschen erreicht. In völliger Übereinstimmung hiermit besitzt, wie wir schon bemerkten, der Schimpanse einen groszen Goll'schen und einen kleinen Burdach'schen Kern, da sich bekanntlich die tiefe Sensibilität der hinteren Extremität auf den Goll'schen und diejenige der vorderen Extremität auf den Burdach'schen Kern projiziert. Wo eine der beiden Extremitäten in ihrer Tätigkeit vor der andern überwiegt, kommt ein solches Überwiegen auch zum Ausdruck in den Hinterstrangkernen.

Ateles hybridus.

In den distalsten Querschnitten unserer Serie sehen wir den unpaarigen Kern (Bisschoffkern) auftreten, welcher mit der Funktion des Greifschwanzes in Verbindung steht. Wir sehen hier, wie sich dieser Bischoffkern gleichsam aus den Goll'schen Kernen herauslöst, von denen er sich in seinem Bau in keiner Weise unterscheidet [1]). Der Goll'sche Kern ist bei Ateles nicht nach lateralwärts umgebogen, wie dies beim Schimpansen der Fall ist. Während bei Troglodytes die stark beanspruchte Tätigkeit der hinteren Gliedmaszen ihren Ausdruck in der starken Entwicklung des Goll'schen Kernes fand und bei diesem

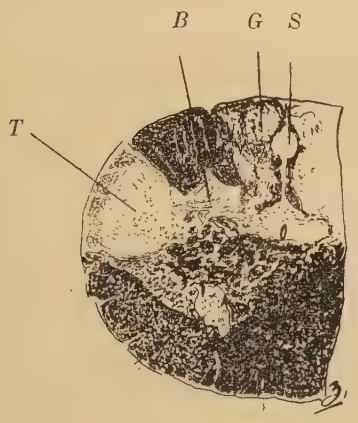


Fig. 25.

Hinterstrangkerne von Ateles hybridus.
B = Burdach'scher Kern.
G = Goll'scher Kern.
bei S = *Schwanzkern.*
T = spin. Trigeminus.

Fig. 26.

Hinterstrangkerne von Ateles hybridus.
NG = Goll'scher Kern.
NB = Burdachkern.
NBl. = Blumenaukern.
N.Wern. = Wernickekern.

schwanzlosen Tiere denn auch kein unpaariger Schwanzkern anzutreffen war, wird bei den Greifschwanzaffen in dem kaudalen Ende der Medulla der empfindliche und sehr entwickelte Schwanz durch den Bischoffkern repräsentiert.

Der Goll'sche Kern ist bei Ateles zwar noch schön in Inselchen geteilt, aber der lamellierte Charakter der Kerne ist hier nicht so stark wie bei Troglodytes und entschieden nicht so stark wie beim Menschen. Hier sehen wir das von Ariëns Kappers (58)

[1]) Siehe die ausführliche Beschreibung des Bischoffkernes.

behandelte Prinzip, dasz nicht nur die Hirnrinde anfängt, mit zunehmendem Aufsteigen sich in der Phylogenese zu falten, sondern auch die Olive und andere Kerngruppen. Der lamellierte Charakter des Baues der Hinterstrangkerne ist der Ausdruck der höheren Entwicklung, und unsere Erwartung, dasz beim Abwärtssteigen in der Tierreihe der gelappte, lamellierte Charakter der Hirngebilde mehr und mehr verloren geht, ist, wie wir im Folgenden sehen werden, durch unsere Untersuchung vollkommen bestätigt worden.

Auf einem höheren Niveau der Serie sehen wir in schöner Weise die einfache Inselbildung. Mehr oralwärts, wo sich der Goll'sche Kern verbreitert, der Burdach'sche Kern zur vollen Entwicklung kommt und das Ausströmen der ersten Fibrae arcuat. int. aus dem Goll'schen Kern statthat, bemerken wir in dem Fun. cuneat. die ersten Zellgruppen des Blumenaukernes, der sich mehr oralwärts gut entwickelt.

Der Trigeminus desc. wird samt der Substant. gelat. durch Mangazzinni'sche Fibrae retrotrigeminales, die bis zum Blumenaukern reichen, von der Peripherie abgedrängt. Mehr oralwärts, dort, wo der kaudale Teil der Oliva inf. beginnt, liegt der Wernickekern als ein langgestrecktes Band grauer Masse in dem Fun. cuneat., von dem Nucl. cuneat. ext. nur noch durch ein schmales Band von weiszer Masse getrennt. In Figur 26 ist die Gestalt dieses Bandes gut zu verfolgen. Der Goll'sche und der Burdach'sche Kern verschmelzen nahezu völlig. Die dem Goll'schen Kern entstammenden Fasern ordnen sich meistens zentral an, konzentrisch um sie herum die aus dem Burdachkern herrührenden Fibrae arc. int. Der Blumenaukern beteiligt sich nicht an dem Aufbau des Lemniscus.

Cebus fatuellus.

Wenn man die Querschnitte dieses Repräsentanten in Höhe der Pyramidenkreuzung und des kaudalen Teiles der unteren Olive betrachtet, dann bemerken wir zwar, dasz die Goll'schen und Burdach'schen Kerne eng zusammenhängen, dasz aber der Faserverlauf in beiden Kernen verschieden ist, nämlich dorsolateral in dem Goll'schen, dagegen mehr kreisförmig in dem Burdach'schen Kern.

Etwas mehr oralwärts, dort, wo sich die Pyramidenkreuzung fast erschöpft hat und die kaudale Olive im mittelsten Drittel getroffen wird, beginnt der Goll'sche Kern schon nach lateralwärts umzubiegen, wie wir dies in stärkerem Grade beim Schimpansen beobachteten. In dem Fun. cuneat. fangen Zellmassen an aufzutreten, die gar bald ihre Zugehörigkeit zum Blumenaukern erweisen. Hier treten auch die Mangazzinni'schen prä-, infra- und retrotrigeminalen Fasern zahlreicher

auf. Der Lemniscus ist schön geformt. Die eigentlichen Hinterstrangkerne hängen nach dem Zentralkanale hin als eine kompakte Zellmasse zusammen. Der Goll'sche Kern biegt sich ganz nach dem Blumenaukern um.

Noch etwas mehr oralwärts erblickt man die Schleifenbildung in voller Entwicklung. Aus den beiden Hinterstrangkernen entspringen starke innere Bogenfasern (Fibrae arcuat. int.). Auch die interolivären Fasern bilden ein reiches, gut unterscheidbares Bündel, das zwischen den beiden kaudalen Hauptoliven ausgespannt ist. An der Dorsalseite dieser frontalen Schnitte bilden der Goll'sche, der Burdach'sche und der Blumenaukern eine starke Anhäufung grauer Masse. Auch die Fibrae arcuat. ext. sind bedeutend entwickelt, welche Entwicklung, wie es zuweilen scheint, vielleicht gleichen Schritt mit der Entwicklung des Blumenaukernes hält. Diese Fasern endigen dann anscheinend zwischen der Substantia gelat. der absteigenden Trigeminuswurzel und der Olive, wo sie in längsverlaufende Fasern übergehen und zwar rings um die Kerngruppe des Nucleus lateralis.

Bezüglich der drei wesentlichsten Hinterstrangkerne ist bei Cebus zu bemerken, dasz der Goll'sche Kern sehr grosz, der Burdach'sche Kern kleiner, der Blumenaukern aber wiederum sehr entwickelt ist.

Das Entspringen der äuszeren Bogenfasern ist nun auf einem noch weiter nach dem Kopfe hin gelegenen Querschnitte noch besser zu verfolgen.

Auf den ersten Blick scheint es zwar merkwürdig, dasz dieses mit einem langen Schwanze ausgestattete Tier keinen besonderen „Schwanzkern" besitzt; indessen vergesse man nicht, dasz der Schwanz von Cebus längst nicht mit derselben Sensibilität ausgerüstet ist wie der Schwanz von Ateles. Während der letztere mehr oder weniger die Rolle einer fünften Extremität zu erfüllen hat und einen speziellen Greifschwanz darstellt, hat Cebus nur einen Rollschwanz, der allein dazu dient, sich an Ästen und anderen vorspringenden Gegenständen festzuhalten. Der Zentralkanal ist auf diesem Querschnitt schon etwas geöffnet.

Auch die noch weiter kopfwärts gewählten Querschnitte lassen die Endigung der äuszeren Bogenfasern in den Blumenaukern deutlich erkennen, namentlich bei starker Vergröszerung. Der Zentralkanal ist hier noch etwas weiter geöffnet. Die stark in eine (nach medialwärts gerichtete) Spitze ausgezogenen Goll'schen Kerne sind gegeneinander geneigt.

In den am weitesten oralwärts liegenden Querschnitten schlieszlich sind auszer der kaudalen Hauptolive auch die Oliva sup. und die mediale Nebenolive sichtbar. Auch das Corpus restiforme ist dann schon angelegt.

Zum Schlusse möchte ich bei diesem Repräsentanten noch auf einen

möglichen kausalen Zusammenhang zwischen dem sehr entwickelten Blumenaukern dieses Tieres und seinem stark entwickelten Tastsinn hinweisen, welch letzterer bei Cebus nach der Angabe Brehm's unter allen Sinnen die erste Stelle einnimmt. Das Gesicht ist bei Cebus schlecht, sowohl bei Nacht als bei Tage. Das Gehör ist immerhin mangelhaft, sodasz er leicht beschlichen werden kann. Nachdem somit von den drei Sinneswerkzeugen für die Gleichgewichtsverhältnisse wenigstens ein Organ (das Gesicht) fraglos minderwertig ist und auch das zweite (das Ohr) nicht besonders gut funktioniert (— wie der Vestibularapparat arbeitet, ist nicht bekannt —), läszt sich wenigstens eine starke Entwicklung des Tastsinnes a priori erwarten, und nicht allein des Tastsinnes, sondern in erster Linie der tiefen Sensibilität, da diese für das Bewahren des Gleichgewichtes so hoch nötig ist.

Gerade im Zusammenhang mit diesem letzten Umstande habe ich hier auf den groszen Blumenaukern hingewiesen, den wir bei Cebus antreffen. Da ich diesen Kern als einen nach distal vorgeschobenen Kernteil des Vestibulariskernes auffasse, liegt es m. E. keineswegs fern, dasz zwischen diesem groszen Blumenaukern bei Cebus und der stark entwickelten Sensibilität dieses Tieres ein Zusammenhang mit dem mehr oder weniger rudimentären Charakter des unzulänglichen Gesichtes und Gehöres bestehen musz.

Oedipomidas oedipus.

Wenn wir diese Schnittserie von kaudal nach oral fortschreitend betrachten, dann sehen wir zunächst die kaudalen Anfänge der Goll'schen und Burdach'schen Kerne. Die Kerne nehmen allmählich an Umfang zu, wie der gröszer werdende Querschnitt zeigt. Etwas mehr oral tritt zuerst der Nucleus cuneatus externus, der Blumenaukern, mit seinem kaudalen Teile auf (Fig. 27). Es ist hier deutlich, dasz dieser Kern — ebenso wie dies auch bei andern Säugetieren bemerkt werden kann — in den distalen Niveaus nicht mit dem Burdachkern zusammenhängt. Diese Beobachtung bestärkt uns in dem Vermuten, dasz der Blumenaukern (*c*) und der Burdachkern (*b*) genetisch nichts mit einander zu tun haben, wenn sie auch mehr oralwärts mehr oder weniger verschmelzen. Wir bemerken in diesem distalen Teile, dasz eine Fissur (*e*) den spinalen Trigeminus von dem Blumenaukern trennt. Inselbildung findet sich nicht.

Lateral vom Blumenaukern treffen wir den Nucleus corpus restiforme (*d*). Der Goll'sche Kern ist nach lateralwärts umgebogen, wie dies — im Gegensatz zum Menschen — bei mehreren Affen vorkommt. Es ist gerade, als ob die dorsoventrale Ausdehnung der Medulla nicht

Fig. 27.
Hinterstrangkerne von Oedipomidas oedipus.
a = Goll'scher Kern.
b = Burdachkern.
c = Blumenaukern.
d = Wernickekern.
e = Fissur.

tralkanal hat sich gerade geöffnet. Der Kern des XII. Hirnnerven fängt schon wieder an, abzunehmen. Der Blumenaukern verschmilzt mit dem Nucleus des Corpus restiforme (*c*). Ersterer liegt nicht dorsolateral, sondern ganz lateral vom Burdachkern. Die eigentlichen Hinterstrangkerne beanspruchen bei diesem Tiere einen viel geringeren Teil der grauen Masse als bei den höheren Tieren.

grosz genug ist, um für die starke Entwicklung dieses Kernes hinreichend Raum zu bieten, sodasz ein Umbiegen erfolgen muszte. Indessen wäre diese mechanische Erklärung der lateralen Umbiegung des Goll'schen Kernes nur scheinbar richtig; denn in Wirklichkeit steht die keilförmig ausgezogene Spitze des Goll'schen Kernes mit dorthin verlaufenden äuszeren Bogenfasern in Zusammenhang.

Bei stärkerer Vergröszerung sind im Blumenaukern gröszere Zellen zu sehen als in den beiden eigentlichen Hinterstrangkernen, dem Goll'schen und dem Burdach'schen; aber seine Zellen sind auch anders als diejenigen des Nucl. corp. rest.

Auf einem mehr zerebral gelegenen Schnitte sieht man allein die kaudale Spitze der medialen Olive. Der Zen-

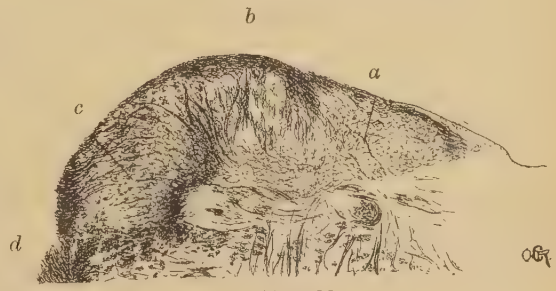


Fig. 28.
Hinterstrangkerne von Oedipomidas oedipus.
(Diese Figur zeigt nur den dorsalen Teil des Schnittes).
a = Goll'scher Kern.
b = Burdach'scher Kern.
c = Blumenaukern.
d = Fissur.

Etwas weiter oralwärts (Fig. 29) — die kaudale Hauptolive beginnt deutlicher zu werden; der Zentralkanal ist mehr geöffnet – sieht man, wie der Blumenaukern beginnt, mit dem eigentlichen Burdach kern zusammenzuhängen. Während der Funiculus Goll schon verschwunden ist, besteht nog immer ein Funiculus Burdachi. Der Nucl. Burdachi wird von einem schmalen Bande weiszer Masse umsäumt, in welchem aber kein Blumenaukern zu finden ist, weil dieser, wie beschrieben wurde, lateralwärts liegt.

Fig. 29.
Hinterstrangkerne von Oedipomidas oedipus.

Fig. 30.
Hinterstrangkerne von Oedipomidas oedipus.
a = Goll'scher Kern.
b = Burdach'scher Kern.
c = Blumenaukern.

Noch weiter oralwärts beginnen die Hinterstrangkerne einen gelappten Charakter aufzuweisen (siehe vorstehende Fig. 30), wenn dieser auch längst nicht so hervortritt wie bei den höheren Tieren.

Nunmehr mögen einige wiederum mehr oralwärts gelegene Schnitte (aus Niveaus, wo der Zentralkanal schon etwas weiter geöffnet ist) betrachtet werden. Die untere mediale Nebenolive ist hier in ihrem unteren Drittel getroffen. Die Fibrae arcuatae internae sind hier ebenso wie der beginnende Lemniscus deutlich zu sehen. In der Raphe verlaufen die Fasern noch eine Zeitlang in der Längsrichtung, worauf sie umbiegen und in die Schleife der anderen Seite übergehen, auf der Grenze der dorsalen Seite der Pyramide und des ventralen Randes der unteren Olive.

Der Goll'sche Kern enthält viele kleine Zellen. Die langen aufsteigenden Fasern biegen um und fangen an, sich rings um diese kleinen Zellen zu verästeln.

Die dorsalen Fasern, welche den Funiculus gracilis bildeten, sind bis auf eine kleine Randschicht verschwunden; sie haben ihr Ende in dem Kern des Funiculus gracilis, dem Goll'schen Kern gefunden. Der Funiculus cuneatus weist eine noch etwas breitere Randschicht auf. Auch hiervon biegen Fasern ab, um rings um die zahlreichen, ebenfalls kleinen Zellen des Burdach'schen Kernes ihre Endverzweigungen zu entfalten.

Lateralwärts hiervon findet man das Gebiet der groszen Zellen des Blumenaukernes und die am meisten vorgeschobene Spitze des Wernickekernes. Obwohl eine Differenzierung der Zellen recht schwer fällt, bekommt man doch den Eindruck, dasz die Zellen des Wernickekernes gröszer sind als diejenigen der beiden eigentlichen Hinterstrangkerne, des Goll'schen und des Burdach'schen Kernes, aber wieder kleiner als diejenigen des Blumenaukernes.

Dieses gemeinschaftliche Gebiet des Blumenau- und des Wernickekernes wird peripher von einem sehr schmalen Rande querdurchschnittener Fasern begrenzt, der sich nach der Seite des Quintusgebietes verbreitert. Auf der Grenze zwischen dem Burdachkern einerseits und dem Blumenau- und Wernickekern andererseits zeigt sich in der peripheren Umsäumung ein deutlicher Unterschied. Während nämlich rund um den Rand des Kernes in dem Funiculus Burdachi noch eine ziemlich breite Schicht von querdurchschnittenen (also in der Länge verlaufenden) Fasern vorhanden war, geht die Umsäumung plötzlich in einen sehr schmalen Rand, peripher von dem Blumenau- und dem Wernickekern, über.

Nach dem Zentrum hin wird der Blumenaukern von einer Schicht querdurchschnittener Fasern umsäumt. Dieses Bündel biegt dorsalwärts noch etwas mehr um und gibt die Abscheidung des Blumenaukernes deutlich an. Vermutlich haben wir in diesem Bündel deszendierende Fasern zu sehen, die nach dem Blumenaukern verlaufen und dort ihr Ende finden.

Die hier beschriebenen Details können von Wichtigkeit sein beim Studium der Verhältnisse des Blumenaukernes zum Burdachkern. Bei den höheren Tieren und ebenfalls beim Menschen liegt nämlich der Blumenaukern in bezug auf den Burdachkern mehr dorsal. So kommt es denn, dasz sich durch Überlagerung deszendierende, dem Blumenaukern entstammende Fasern in die aszendierenden Burdachfasern und den Burdachkern einschieben, wodurch jedoch die so entstehenden Verhältnisse für richtiges Erkennen zu kompliziert werden. Da bietet nun die Sachlage bei Oedipomidas, bei dem der Blumenaukern mehr lateral liegt, uns die Möglichkeit, besser auseinanderzuhalten, was zu dem einen und was zu dem anderen Kern gehört.

Noch eine weitere Folgerung läszt sich aus dem Studium dieses Affenhirnes ziehen. Wir sehen nämlich, dasz der orale Teil der beiden eigentlichen Hinterstrangkerne entschieden mehr gelappt ist als der distale. Wenn wir nun gemäsz dem von Ariëns Kappers formulierten Prinzip in der Tendenz zur Oberflächenvergröszerung einen Prozesz sehen von jüngerer phylogenetischer Bedeutung, dasz also ein Hirnteil in demselben Masze (phylogenetisch gedacht) jünger wäre, je gröszer

seine Oberfläche ist, dann steigt die Vermutung auf, ob vielleicht auch hier der mehr gelappte Charakter des oralen Teiles wohl dem Umstande zu danken sein dürfte, dasz eben dieser Kernteil erst später angelegt ist, oder, was dasselbe besagt, dasz nicht unwahrscheinlicherweise der distale Teil der Goll'schen und der Burdach'schen Kerne der phylogenetisch ältere Teil ist. Dieser Punkt kann nicht nur für die vergleichende Anatomie von Bedeutung sein; vielmehr würde es auch wohl bei Krankheitsprozessen der Mühe wert sein, hierauf zu achten.

PROSIMIAE.

Lemur catta.

Auf einem ziemlich niedrigen Niveau der Medulla oblongata ist ein schöner Goll'scher Kern und ein beginnender Burdachkern zu sehen, aber kein Blumenaukern. Die beiden ersteren sind scharf zu unterscheiden und hängen zentral fast nicht zusammen. Der Bau ist charakteristisch (Inselchenbildung). Die Zellen zeigen den gewöhnlichen Typus; sie sind klein und meistens rund.

Auf einem mehr oralwärts gelegenen Niveau sieht man, wie der Goll'sche Kern mehr nach lateralwärts umbiegt. In ihm ist die Inselchenbildung stärker ausgeprägt als im Burdachkern.

Noch etwas mehr zerebralwärts beginnt der Burdachkern an Volumen zuzunehmen. Der Goll'sche Kern erscheint im Querschnitt als ein Dreieck mit einer stark ausgezogenen lateralen Spitze.

Auf einem noch höher gelegenen Querschnitt bemerken wir in dem lateralsten Teile der dorsalen Seite eine von den Burdach- und Goll-Kernen unabhängige Kerngruppe, deren Zellen dem Anscheine nach gröszer sind als diejenigen in den echten Hinterstrangkernen.

Das nächstfolgende Niveau liegt noch kaudal von der Oliva inferior. Der Goll'sche Kern ist mehr nach lateral umgebogen; der Burdach'sche legt sich ihm dicht an; beide sind nur durch eine dünne Schicht grauer Masse getrennt. Beide Kerne sind lamelliert. In dem latero-dorsalen Winkel finden wir zwei Kerne, von denen der am meisten peripher gelegene sichelförmig mit der Spitze nach dorsal gerichtet ist, während der andere, medial liegende, mehr rund ist und kleine Brücken grauer Masse nach dem Burdachkern aussendet. Diese beiden Kerne, der äuszere sichelförmige und der innere mehr runde, sind deutlich von anderem Bau als die echten Hinterstrangkerne. Sie sind nicht gelappt und haben gröszere Zellen, namentlich der runde, den wir als Blumenaukern identifizieren. Der äuszere ist der Kern des Corpus restiforme.

Von einem noch etwas mehr oral gelegenen Querschnitt bringen wir nebenstehend eine Zeichnung. (Fig. 31).

Fig. 31.
Hinterstrangkerne von Lemur catta.

N.G. = Nucl. Goll.
N.B. = Nucl. Burdachi.
N.Bl. = Nucl. Blumenau.
N.Cr. = Nucl. corp. rest.

Schlieszlich sehen wir auf dem höchsten der hier besprochenen Niveaus prächtige äuszere und innere Bogenfasern. Der Lemniscus medialis ist angelegt. Der Nucleus cuneatus externus ist zusammen mit dem Wernickekern im Querschnitt ebenso grosz wie der Burdachkern. Auf diesem Niveau ist der Goll'sche Kern fast ganz verschwunden.

Wie mir scheint, läszt sich auch wieder aus diesen Präparaten deutlich folgern, dasz der Nucl. cuneat. ext. (Blumenaukern) anderen Ursprungs ist als der Nucl. cuneat. int. (Burdachkern). Der erstere ist ein vermutlich distal vorgeschobener Kern, in derselben Weise, wie die Nucl. arcuat. als vorausgeschobene Ponskerne angesehen werden müssen.

Diese Stelle scheint mir nun geeignet, im allgemeinen etwas Näheres über den Bischoffkern zu sagen. Im ersten und zweiten Kapitel war dies nicht angängig, weil dort die Hinterstrangkerne beim Menschen behandelt wurden und der Mensch keinen Bischoffkern besitzt. Nun dieser unpaarige Kern jedoch bei den Affen zur Sprache kam, kann ich füglicherweise hier einige allgemeine Betrachtungen über diesen Gegenstand einschalten, obwohl auf den folgenden Seiten natürlich bei den verschiedenen untersuchten Tierarten die Frage, ob dieser akzessorische Kern im vorliegenden Einzelfalle vorhanden ist oder nicht, Beachtung finden wird.

Im Zentralnervensystem sowohl des Menschen als der Tiere sind die Zellgruppen (Kerne) und Faserbündel fast ausnahmslos paarig angelegt und symmetrisch angeordnet. Dies gilt auch für die auf der Grenze zwischen Rückenmark und Medulla oblongata gelegenen Hinterstrangkerne.

Beim Menschen sind die beiden Goll'schen Kerne durch die tiefe einschneidende Fissura mediana dorsalis völlig von einander geschieden und an der medialen Seite, also nach der Seite der Fissur, mit einer Faserschicht bekleidet.

Bischoff (5) hat zuerst darauf hingewiesen, dasz bei Tieren, die einen Schwanz besitzen, zwischen den beiden Goll'schen Kernen noch ein medianer unpaariger Kern zu finden ist, den er mit der Sensibilität des Schwanzes in Verbindung bringt. Er hat seine Folgerung auch

experimentell durch Zerstörung der Wurzeln der Cauda equina und spätere Marchifärbung der Medulla oblongata gestützt. Als charakteristisch für diesen akzessorischen Hinterstrangkern weist Bischoff darauf hin, dasz dieser Kern schon in niedriger gelegenen Niveaus auftritt als die Goll'schen Kerne, dasz er dorsaler liegt als diese und dasz entweder gar kein oder höchstens ein sehr seichter Sulcus med. dors. gebildet wird.

Ziehen hat die Befunde Bischoff's mehrmals bestätigt; aber er fand doch wohl Ausnahmen von den drei genannten Punkten für das Bestehen eines unpaarigen Kernes. Es gibt nämlich Tiere, die trotz eines Schwanzes und sogar eines solchen von respektabler Grösze doch keinen besonderen unpaarigen Kern besitzen. Als Beispiel führt Ziehen Ornithorhynchus an, der sich in dieser Hinsicht von den anderen Monotremen, die einen sehr rudimentären Schwanz haben, nicht unterscheidet.

Ich glaube, dasz der Bischoffkern eigentlich immer paarig angelegt ist; aber dasz seine Lage neben der Raphe, und fest gegen dieselbe den Eindruck erweckt, dasz der Kern unpaarig ist. Der m. E. paarige Charakter des Kernes tritt bei einigen Karnivoren in den meist kaudalen Niveaus am besten in die Erscheinung; auch das Studium der Serie von Phocaena bestärkt mich in dieser Auffassung. Wir sehen dort deutlich die medianen Kerne zu beiden Seiten eines seichten Sulcus med. post. liegen. Mehr oralwärts nähern sie sich so, dasz sie schlieszlich diesen Sulcus überbrücken und sich zu *einem* Kerne vereinigen.

Übrigens sind — abgesehen vom Schwanz — tatsächlich unpaarige Organe wie z. B. Zunge und Herz durch paarige Kerne im Zentralnervensystem und vor allem in der Oblongata vertreten. Der Eindruck, dasz dies beim Schwanz anders sein sollte, wird allein durch die zusammengedrängte Lage des in Wirklichkeit paarigen Kernes, die ein scheinbares Ineinanderflieszen zu *einem* Kerne bewirkt, hervorgerufen.

Bei den geschwänzten Affen fand Bischoff den bei dem Menschen fehlenden medianen Kern, ebenso die damit verbundene Folgeerscheinung, dasz die Fissura mediana post. bei den ersteren denn auch nicht so tief und lang ist wie beim Menschen.

Nicht alle Affen haben diesen Kern; bei einigen Affenarten ist er vorhanden, bei anderen fehlt er wieder völlig. So findet man bei Hapale, (einer nicht weit von Midas entfernten Art mit einem langen Schwanze), einen medianen Kern. Der Sulcus med. post. ist äuszerst kurz und seicht. Bei der Meerkatze dagegen besteht ein deutliches Septum med. post., das schon in den distalen Niveaus der Pyramidenkreuzung in einen Sulcus übergeht, der zerebralwärts tiefer wird und ebenso wie beim Menschen fast völlig die Goll'schen Stränge trennt. Kaudal, wo wir einen akzessorischen medianen Kern würden suchen müssen, ist dieser also nicht zu finden.

Bischoff hat für den medianen Kern die folgende „Formel" aufgestellt: er tritt kaudaler auf als der Goll'sche Kern, liegt mehr dorsal als dieser und zeigt Neigung zu rosenkranzartigem Aufbau; wo der Kern gut geformt ist, fehlt die Fissura med. post. In diesem Falle hat sich höchstens ein seichter Sulcus med. post. vom Calamus scriptorius abwärts gebildet.

Es lag nahe, diesem akzessorischen oder medianen Kerne, der beim Menschen fehlt, aber bei vielen geschwänzten Tieren vorhanden ist, die sensible Projektion und zwar das tiefe Gefühl des Schwanzes zuzuschreiben. Bischoff hat hierfür den experimentellen Beweis erbracht. Er verfuhr dabei so, dasz er bei einigen Hunden und Katzen die nach dem Schwanze verlaufenden Wurzeln der Cauda equina nach Trepanation des Sacrums unterbrach, indem er sowohl die sensiblen als die motorischen Wurzeln zerstörte. Die Operation gelang; das Tier konnte nach Erholung aus der Narkose direkt laufen, die Blasenfunktion blieb intakt; nur der Schwanz war gelähmt. Mittels Marchifärbung war nachzuweisen, dasz eine intensive Degeneration des ganzen Hinterstranges im Konus bestand. Diese ging schon an der Grenze von Konus und Sakralmark bis auf einen Degenerationsfleck zurück, der bis an die Medulla oblongata aber auf ein dorso-lateral gelegenes Feld beschränkt blieb und durch das ganze Rückenmark verfolgt werden konnte. In dem Zervikalmark liegen die Degenerationsflecke ausschlieszlich an dem dorsalen Rande der Hinterstränge und zwar völlig medial, rings um die Raphe. In den Niveaus der Hinterstrangkerne bleibt der Degenerationsfleck genau auf das Gebiet des akzessorischen Kernes beschränkt. Die Reproduktionen der mit Marchifärbung behandelten Oblongata der operierten Katze lassen an Deutlichkeit nichts zu wünschen übrig; sie sind überzeugend.

Es scheinen beim Bischoffkern starke Variationen vorzukommen, sogar bei derselben Tierart. Bischoff fand bei vielen Hunden den medianen Kern schön entwickelt, während derselbe bei anderen dagegen nur angedeutet war. Auch bei verschiedenen Exemplaren von Katzen zeigten sich solche starke individuelle Unterschiede. Bei einigen Katzen ist der akzessorische Kern fast nicht nachweisbar. Häufig ist der Bischoffkern in den kaudalsten Niveaus, d. h. im oberen Halsmark paarig angelegt, während er mehr zerebralwärts zu *einem* Kern verschmilzt. Daher musz man schon im oberen Halsmark suchen, um den akzessorischen Kern (oder Kerne) finden zu können. Aber immer beachte man die Forderung: medial, kaudal, dorsal.

Die ursprüngliche Behauptung Bischoff's, dasz bei Vorhandensein eines medianen, akzessorischen Kernes kein Sulcus med. post. bestehe, kann wohl nicht aufrechterhalten werden; so fand z. B. Ziehen (117) beim Schaf zwar einen medianen Kern, aber trotzdem einen Sulcus med.post.

Wirklich scharfe mediane Kerne, die absolut überzeugend sind, kommen im Tierreich nicht sehr häufig vor. Allein bei denjenigen Tieren, bei denen eine reiche Sensibilität, (wenigstens der tiefen), zu erwarten ist, wo der Schwanz ernsteren Zwecken als nur zur Zierde dient, wo er z. B. als Greifschwanz benutzt wird, ist nach meiner Meinung ein echter, schöngeformter Bischoffkern zu erwarten, wie dies denn auch aus meinen Untersuchungen erhellt. Und nicht nur der Greifschwanz, sondern auch der Schwanz der Cetacea, der bei der Fortbewegung in so hervorragendem Masze beansprucht wird und sich bei derselben als ein sehr kompliziertes Organ erweist, gibt Anlasz zu einer starken medianen und kaudalen Projektion in einen Kern, den wir also als Schwanzkern aufzufassen haben.

Wie schon gesagt, werden wir im Nachstehenden bei den einzelnen von uns untersuchten Tierarten noch näher auf das Vorhandensein, bzw. Nichtvorhandensein dieses Kernes, des Bischoffkernes, zurückkommen.

CARNIVORA.

Felis domestica.

Abbildungen von den Hinterstrangkernpartien der Katze sind nicht erforderlich, da wir diesbezüglich nach dem vortrefflichen Atlas von Winkler und Potter verweisen können (114). Die Lamellierung der Hinterstrangkerne ist bei der Katze sehr einfach.

Bei der Betrachtung eines Querschnittes dicht unterhalb des kaudalen Punktes der Oliva inferior fällt es sofort auf, dasz das prozentische Verhältnis zwischen der grauen Masse der Hinterstrangkerne und dem Rest der grauen Masse kleiner ist als bei den höheren Säugern.

Etwas mehr oralwärts verschmelzen Goll- und Burdachkerne nahezu völlig. Auf diesem Niveau ist sowohl die Oliva med. als die Oliva inf. gut entwickelt. Hier entströmt der XII. Hirnnerv dem Hypoglossuskern.

Noch weiter oralwärts sehen wir im Querschnitt, dasz die Zellen des Blumenaukernes gröszer sind als diejenigen des Nucl. corp. rest.

CANIS FAMILIARIS.

Es überrascht uns, dasz der Hund im Gegensatz zu den Affen und Halbaffen in den Hinterstrangkernen keine Inselbildung aufweist. Auf dem meist kaudalen von uns zuerst betrachteten Niveau hängen Goll- und Burdachkerne nicht zusammen.

Ein anderes (höheres) Niveau zeigt uns ein Bild von Goll- und Burdachkernen mit den Fibrae arcuatae int.

Das nächst höhere Niveau zeigt einen Goll- und Burdachkern,

die in dorsoventraler, aber auch in der Querrichtung viel kleiner sind als bei den Affen. Wir bemerken, wie schon gesagt, in der Phylogenese ein Kleinerwerden der Hinterstrangkerne, wenigstens bei den Säugern, ebenso wie Brouwer dies für die Hinterstränge selbst nachwies. (Die Verhältnisse bei den übrigen Vertebraten werden wir später behandeln.) Schon die bisher von uns untersuchten Präparate lassen deutlich die in der Tierreihe nach oben hin zunehmende Bedeutung der Hinterstrangkerne erkennen.

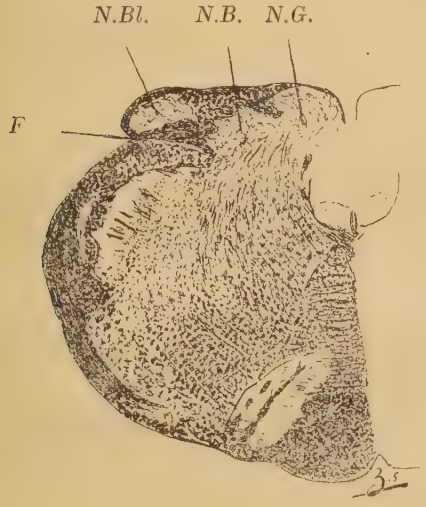


Fig. 32.
Hinterstrangkerne.
Canis familiaris.
N.G. = Goll'scher Kern.
N.B. = Burdach'scher Kern.
N.Bl. = Blumenaukern.
F = Fissur.

Abermals aufwärtssteigend sehen wir den Blumenaukern schon trefflich entwickelt. Seine Zellen sind viel gröszer als diejenigen des Goll'schen und des Burdach'schen Kernes. Der Burdachkern ist anders geformt als bei den bisher behandelten Tieren, insofern als bei ihm durch Einschneidung der weiszen Masse drei dorsalwärts gerichtete Vorsprünge zu sehen sind statt des einen bei den andern Tierarten.

Auf dem nächsten Niveau sieht man die beginnende Öffnung des Zentralkanales. Der Blumenau- und Wernickekern nähern sich dem Burdachkern. Das folgende Niveau zeigt die nahezu vollzogene Verschmelzung des Blumenau- und Wernickekernes mit dem Burdachkern; und der letzte Querschnitt endlich läszt die Verschmelzung noch deutlicher erkennen.

In vorstehender Figur (32) bemerken wir eine Einschnürung (F) zwischen dem Gebiete der Hinterstrangkerne und dem Gebiete des spinalen Trigeminus.

PINNIPEDIA.

Phoca vitulina.

Bei dieser Tierart finden wir ein elliptisches Rückenmark, dessen Querschnitt ventrodorsal 8 mm, in der senkrecht dazu stehenden Ausdehnung 12 mm miszt. Der hier vorliegende Querschnitt ist durch C_1 gelegt. Nur der dorsale Teil wird hier beschrieben. Die Fissura med. ant. und ebenfalls die Fissura med. post. sind seicht. Auf der letzteren steht ein niedriges Septum, das die Goll'schen Stränge von einander trennt. Dieses Septum med. post. setzt sich also nicht bis zum Zentral-

kanal fort; es teilt sich in zwei Äste, die rechtwinklig zu einander stehen. Auch diese Septa setzen sich nicht bis zu den Hinterhörnern fort. Gerade auf der Raphe finden wir einen sehr schmalen Kern, der als ein primitiver und sehr gering entwickelter Schwanzkern aufgefaszt werden musz. (Siehe ∀ in nebenstehender Figur.) Die Zellen sind klein; der Kern selbst ist von wenig Bedeutung. Dies steht wohl wieder in Zusammenhang mit dem wenig beweglichen kurzen Schwanz, dessen tiefe Sensibilität auch von sehr geringer Bedeutung sein kann in Verband mit den biologischen Eigentümlichkeiten dieses Tieres. Auf diesem Niveau ist noch kein Goll'scher oder Burdach'scher Kern zu sehen.

Fig. 33.

Schwanzkern in der Medulla oblongata des Seehundes (in der Zeichnung nicht sehr deutlich).

Bei ∀: Schwanzkern.
S.m.p. = Septum med. post.

Die Hinterstränge sind grosz. Die Robben gehören denn auch nicht zu den niedrigstehenden Säugetieren; sie stehen, was ihren Ursprung betrifft, vielleicht den Bären am nächsten. Nicht nur ihr Skelett ähnelt demjenigen der Raubtiere, sondern auch ihr Gehirn ist gut entwickelt. Die Untersuchungen Brouwer's, die er über die Hinterstränge und deren Bedeutung für die Lebensweise der verschiedenen Tierarten anstellte, bestätigten gerade auch für die Seehunde, dasz ihnen in der Tierreihe keineswegs ein niedriger Platz gebührt, was sich übrigens auch aus anderen Beobachtungen ergibt.

In den Goll'schen und Burdach'schen Strängen, die nicht durch eine besondere Scheidewand getrennt sind, bemerkt man zahlreiche Gliasepten, die in mehr oder weniger regelmäsziger Weise zwischen der weiszen Masse verteilt sind. Wir bemerken in diesem Schnitt noch die sehr starke Formatio reticularis mit dem groszen Processus reticularis.

Auf einem mehr oralwärts gelegenen Niveau ist das kurze Septum med. post. nicht mehr zu sehen. Die beiden Äste, in die es sich, wie der vorige Querschnitt zeigte, verteilt, haben in diesem Niveau an beiden Seiten völlig die Dorsalseite erreicht, sodasz ein unpaariger Teil von ihnen eingeschlossen wird. Diese Pars medianus posterior, wie man diese unpaarige Bildung nennen könnte, stülpt sich in die Fissura med. post. aus. Die Gliasepten, welche die Pars med. post. an ihrer lateralen Seite umgrenzen, reichen auch ventral höher als auf dem vorigen Niveau. In der Mitte, gerade in der Raphe, findet sich ein Septum, das diese mehr oralwärts als unpaarig erscheinende Pars med. doch in zwei Teile

trennt. Der unpaarige Kern A erhält von beiden Hinterhörnern und zwar von deren meist medialem Teile, einen Ausläufer grauer Masse, der als der distalste Beginn des Goll'schen Kernes aufgefaszt werden musz. Der Kern ist unregelmäszig von Gestalt, infolge des Umstandes, dasz eine Franse grauer Masse daran hängt, welche beiderseits in die Goll'schen Stränge eindringt.

Auf einem noch wieder zerebraleren Niveau beginnt der Burdachkern. Dieser reicht bei Phoca ebensohoch wie der Goll'sche Kern. Von der Pars angularis des Hinterhornes beginnt sich der Nucleus cuneatus zu entwickeln. Die Zellen in den Hinterstrangkernen sind klein.

Durch seine Lebensweise steht der Seehund einerseits den Wassersäugetieren, den Zetazeen, nicht fern, obwohl andererseits die Unterschiede ihnen gegenüber ungemein grosz sind. Zwar sind die Extremitäten des Seehundes in Flossen umgewandelt; aber doch lebt das Tier keineswegs ausschlieszlich im Wasser, sondern es kann sich auch, und zwar noch relativ schnell, auf dem Lande fortbewegen.

Hatschek (41) hat von Phoca vitulina eine Beschreibung gegeben, die jedoch etwas zu wünschen übrig läszt, was wohl auf die minder gute Beschaffenheit der ihm zur Verfügung stehenden Präparate zurückzuführen sein dürfte, bezüglich deren er selbst sagt, dasz viele Zellfärbungen nicht gut gelungen waren.

Auf die Unterschiede zwischen seinen und unseren Befunden soll hier nicht eingegangen werden. Diejenigen, welche sich etwa dafür interessieren sollten, seien auf seine diesbezüglichen Artikel verwiesen.

Das Rückenmark des Seehundes ähnelt durchaus nicht demjenigen der Braunfische, sondern viel eher demjenigen des Hundes. Die gut entwickelten Hinterstränge lassen eine entsprechend entwickelte Tiefensensibilität erwarten. Auch die zweite Art Sensibilität, die kutane, die bei den Zetazeen so gut wie garnicht besteht, ist bei Phoca, der ein dichtes Haarkleid und eine Hautmuskulatur besitzt, voll erhalten. Die Burdachstränge übertreffen weit die Goll'schen; letztere werden von den ersteren gleichsam eingeschlossen. Diesen Umstand hat auch Hatschek[1]) vermeldet. Von den Hinterstrangkernen schreibt er nichts, z. B. dasz der Burdachkern grösser als der Goll'sche Kern ist.

Bei den Pinnipedia sind die vorderen Extremitäten zu gewaltigen Rudern geworden. Der distale Teil der Extremitäten ist viel stärker

---

[1]) Hatschek fand, dasz die Hinterstränge in demselben Verhältnis zunehmen wie die Muskelentwicklung der distalen Extremitätenteile. In dieser Hinsicht sollten dann die Cetacea am nächsten bei den Ungulaten stehen, bei denen die Extremitätenenden zu Hufen umgebildet sind. Hierdurch sind wenig differenzierte Bewegungen mit dem unteren Teile einer solchen Extremität möglich.

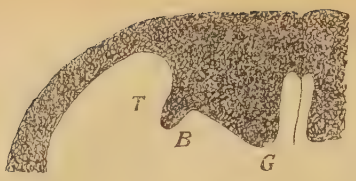


Fig. 34.

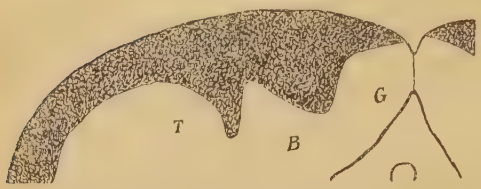


Fig 35.

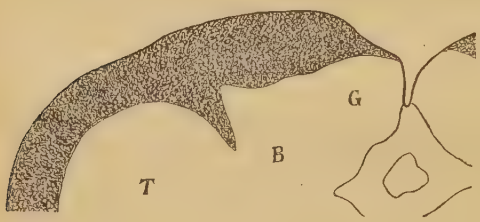


Fig. 36.

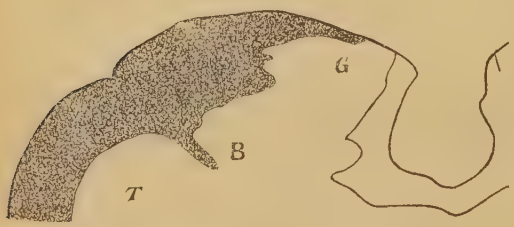


Fig. 37.

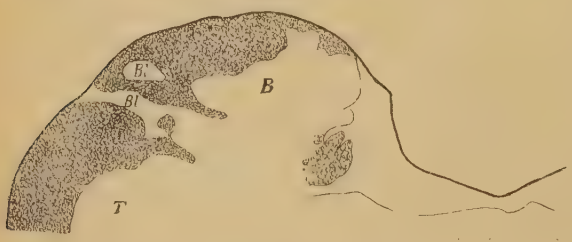


Fig. 38.
Hinterstrangkerne vom Dugong.
(halbschematisch).

G. = Goll'scher Kern.
B. = Burdach'scher Kern.
T. = Spinales Trigeminusgebiet.
Bl. = Blumenaukern.

entwickelt als deren proximaler Teil (Flossen). In Verband hiermit sehen wir die Anschwellung des Burdachkernes schon auf niedrigem Niveau beginnen; der distale Teil der Extremität projiziert seine Sensibilität offenbar auf einem niedrigeren Niveau als die proximalen Teile. Infolgedessen hat der Burdachkern beim Seehund eine mehr birnförmige Gestalt, derart, dasz der dicke Teil nach unten, der sich verjüngende, schmälere Teil nach oben gerichtet ist.

SIRENIA.
Halicore dugong.

Beim Dugong finden wir an einer von Giesonserie (es stand uns auch eine Weigert-Pal-Serie von weniger guter Beschaffenheit zur Verfügung) am Zervikalmark einen recht tiefen Sulcus long. post. Obwohl der Schwanz kräftig entwickelt ist, traf ich bei unserem Exemplar keinen unpaarigen Hinterstrangkern. Dagegen fand ich einen gut entwickelten Blumenaukern, dessen Zellen sich durch Größe und Form deutlich von den Zellen der Goll'schen und Burdach'schen Kerne unterscheiden.

PROBOSCIDEA.
Elephas indicus.

Der Goll'sche Kern tritt auf einem etwas niedrigeren

Niveau auf als der Burdach'sche Kern, wie wir dies gewöhnlich beobachten. Keiner der beiden Kerne übertrifft in seiner Entwicklung den anderen, was sich bei der Gleichwertigkeit der Extremitäten auch nicht anders erwarten läszt.

Die Fissura longitudinalis mediana posterior ist seicht. Es läszt sich kein deutlicher Bischoffkern unterscheiden.

Bei der Öffnung des Zentralkanales tritt der Blumenaukern auf mit groszen Zellen.

CETACEA.

Über diese Ordnung werden wir ausführlicher berichten, weil die Ausnahme stellung, welche die Zetazeen gegenüber den anderen Säugetieren e innehmen, schon von jeher die Aufmerksamkeit der Untersucher auf sich gezogen hat. So ist denn auch der Bau ihres Zentralnervensystems in Verband mit der sehr abweichenden Lebensweise dieser Seesäugetiere wiederholt studiert worden. Die Zahnwale stehen dem bekannten Säugetiertypus noch ferner als die Bartenwale. Zu den ersteren zählt auch die Familie der Delphine, deren Hirnstamm von Hatschek und Schlesinger (42) beschrieben wurde. (siehe auch Kükenthal und Ziehen (65) und Rawitz (87). Sie entfernen sich noch wieder etwas weiter von den Bartenwalen, wie die übrigen Zahnwale. dies tun.

Das Zentralnervensystem, welches mir im hiesigen Zantralinstitut für Hirnforschung für meine Untersuchungen zur Verfügung stand, entstammt einem Exemplar von Phocaena communis, dem Braunfisch.

Während der Seehund noch wohl den dritten Teil seines Lebens auf dem Lande zubringt, sind die Cetacea ebenso wie die Fische ausschlieszlich Wassertiere, die sich diesem Elemente völlig angepaszt haben, und diese Anpassung kommt zum Ausdruck im Bau der Hinterstrangkerne. Während der Seehund noch Gliedmaszen besitzt, wenn sich diese auch in Flossen verwandelt haben, sind bei den Zetazeen die Gliedmaszen eigentlich ganz verschwunden. Die vorderen Extremitäten sind zu Flossen umgestaltet; die hinteren fehlen ganz.

Über die Zetazeen findet sich eine ausführliche Beschreibung in der obengenannten Abhandlung über den Hirnstamm des Delphins. Ich werde mich daher weiterer biologischer Besonderheiten in Verband mit Bau und Funktion enthalten. Einige Unterschiede zwischen meinem Befunde des Zentralnervensystems und dem Befunde desselben seitens der obengenannten Untersucher können einesteils durch den Umstand erklärt werden, dasz sie einen Delphin, ich einen Braunfisch (Phocaena communis) als Studienmaterial hatten, andernteils auch durch abweichende Auffassungen, auf die ich nicht unterlassen werde, hinzuweisen.

Fig. 39.

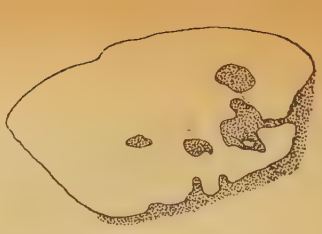


Fig. 40.

Fig. 41.

Fig. 42.

Fig. 43.

Fig. 44.

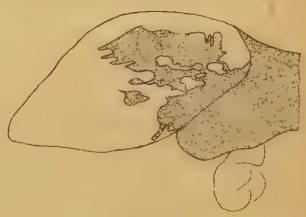


Fig. 45.

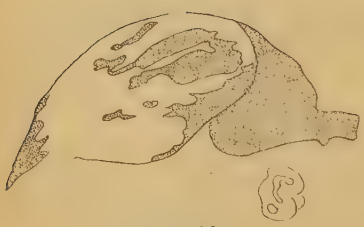


Fig. 46.

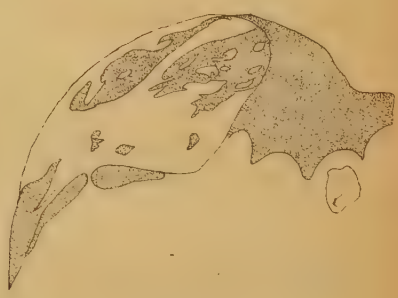


Fig. 47.

Fig. 48.

Hinterstrangkerne von Phocaena communis.

In den vorstehenden Figuren sind ausschlieszlich die Umrisse der Hinterstränge (linke Hälfte) gezeichnet. In den Hintersträngen sieht man (von kaudal nach oral) die Hinterstrangkerne.

(Text siehe S. 61 und 62.)

Jelgersma fand den Nucleus gracilis in dem verlängerten Mark bei den Braunfischen ungemein schlecht entwickelt; derselbe stellt sich nur dar als ein in der Medianlinie gelegenes, sehr unansehnliches Ganglion, das bei diesem groszen Tiere nur mit einiger Mühe wiedergefunden werden kann. Auch der Nucleus cuneatus ist gering entwickelt, wenn auch nicht so wenig wie der erstgenannte Kern. Jelgersma nennt beide Ganglia die „Knotenpunkte, welche die betreffende Sensibilität auf ihrem Wege nach dem Groszhirn passieren musz, und die also als Gradmesser für die Entwicklung des Hautgefühls benutzt werden" [1]). Die Schleifenkreuzung vermochte Prof. Jelgersma bei Zetazeen nicht zu finden.

In der Diskussion auf der Amsterdamer Neurologenversammlung (7. Mai 1915), die dem Vortrage Prof. Jelgersma's folgte, bemerkte van Valkenburg, dasz beim Braunfisch doch ein Nucleus gracilis vorhanden sei; was Jelgersma gefunden habe, sei der Bischoffkern.

In den kaudalsten Schnitten der Medulla oblongata fällt es sofort auf, dasz die Hinterhörner und die Hinterstränge längst nicht so gut entwickelt sind wie die Vorderhörner und die Vorderseitenstränge. Die Hinterstränge sind klein und bilden einen relativ geringen Teil der weiszen Masse. Hatschek und Schlesinger konnten beim Delphin die Fissura long. post. nicht finden; beim Braunfisch ist dieselbe aber vorhanden, ja, sie setzt sich sogar bis zur Commissura post. fort. In den Hintersträngen besteht keine Scheidung zwischen Goll- und Burdachsträngen, sodasz nur von einem Hinterstranggebiet gesprochen werden kann. Die Pyramidenkreuzung ist in unseren Präparaten gar nicht oder doch nur mit Mühe festzustellen. Obwohl der hier besprochene und die folgenden Querschnitte ziemlich stark beschädigt sind, lassen sich die nachstehenden Befunde ohne jeden Zweifel konstatieren. In den untersten Querschnitten durch die Medulla oblongata findet sich ein Ausläufer grauer Masse, der den ventralen Teil der Fiss. med. post. einnimmt. Dieser Ausläufer grauer Masse ist mit ziemlich breiter Basis an der Commissura post. befestigt und wird nach dorsalwärts hin schmäler. Es ist ein unpaariger Kern vorhanden, dessen kaudaler Anfang niedriger liegt, wie in Fig. 39 angegeben ist. Wir geben in den nebenstehenden Figuren nur die Umrisse der Hinterstränge. In diesen Zeichnungen sieht man die Scheidewand des unpaarigen Kernes und die graue dorsale Kommissur; im dorsalen oberen Rande beginnen an beiden Seiten Kerne aufzutreten, die mit dem zunehmenden Fortschreiten von kaudal nach oral stetig an Grösze zunehmen (siehe Fig. 39—48).

In den Hintersträngen bemerkt man unregelmäszige Gliasepten. Die

[1]) Psych. Bladen, 1915. S. 223. De functie der kleine hersenen.

paarigen Kerne, die ungefähr in der Mitte des dorsalen Oberrandes auftraten und kaudal im Querschnitt ziemlich rund sind, treten nicht in der Weise auf, wie wir dies sonst von den Hinterstrangkernen gewohnt sind. Wir werden die Entwicklung dieser Kerne so gut wie möglich beschreiben. Fig. 40 läszt erkennen, wie die Fissura post. med. in dorsoventraler Richtung kleiner geworden ist und ganz von dem Schwanzkern eingenommen wird. An dessen beiden Seiten sehen wir in jedem der Hinterstränge (— der Funiculus Burdachi ist hier nicht von dem Goll'schen Strang zu trennen —) ungefähr vier Kerne, die untereinander durch schmale Brückchen grauer Masse zusammenhängen (hier nicht gezeichnet). Diese vier Kerne (— lateral von ihnen sind hier und da beiderseits von der Medianlinie noch einige sehr kleine Zellhaufen zu finden —) können als dorsal und ventral gelegene Kerne bezeichnet werden. Die ventral gelegenen hängen mit der dorsalen grauen Kommissur (Fig. 41 und 43) zusammen. Auf diesem Niveau sehen wir im Querschnitt die untere Hauptolive, den Hypoglossuskern. Der spinale Trigeminus ist stark entwickelt.

Während wir bei den Landtieren die Hinterstrangkerne nebeneinander liegen sahen, gleichsam als Ausstülpungen der dorsalen grauen Masse, erblicken wir hier ein ganz anderes Bild, indem nämlich die Kerne, welche in den Hintersträngen zur Entwicklung gelangen, statt nebeneinander nunmehr übereinander angeordnet sind. In mehr oralwärts gelegenen Niveaus ändert sich jedoch diese Sachlage, und man erhält einen Aspekt, der mehr dem gewöhnlichen Bilde ähnelt, nämlich einen lateralen und einen medialen Kern (Fig. 44—47) und sind also die Hinterstrangkerne mehr derjenigen Form ähnlich, die sich bei den Landsäugetieren findet.

In noch mehr oralwärts gelegenen Querschnitten sind gröszere Zellen bemerkbar, die in dem lateralen Kern auftreten und an ein Homologon des Blumenaukernes erinnern.

Wir meinen sagen zu können, dasz die zuerst auftretenden Fibrae arcuatae internae aus dem unpaarigen Kern heraustreten. Dies ist auch nicht anders zu erwarten in Anbetracht des Umstandes, dasz der Schwanzkern der distalste ist und derselbe also auch zuerst sein orales Ende erreichen wird.

In den Niveaus, von denen die Figuren 40 und 44 die Hinterstränge samt den Kernen wiedergeben, bemerkt man starke äuszere Bogenfasern, die indessen hier nicht reproduziert sind.

Noch mehr oralwärts, dort, wo der Zentralkanal geöffnet ist (Fig. 45 bis 48) werden die Hinterstränge kleiner und haben die Hinterstrangkerne ihre gröszte Entwicklung erreicht. Der in Fig. 40 und 41 gezeichnete mehr dorsal gelegene Kern enthält kleine Zellen. Der ventrale Kern

schmilzt mehr und mehr mit der dorsalen grauen Masse zusammen; in ihm finden wir die groszen Zellen. Die Bildung des Lemniscus ist hier deutlich wahrnehmbar. Die Fibrae arc. int. laufen um den schön gerundeten Hypoglossuskern herum, dorsal von der kaudalen Hauptolive, und durch ihn hindurch und bilden dann eine Kreuzung zwischen den Oliven. Die interoliväre Zone des Lemniscus ist schmal. Noch mehr oralwärts ist die Schleife schon besonders gut entwickelt.

Wenn wir unsere Befunde mit denjenigen anderer Untersucher vergleichen, dann ergeben sich grosze Unterschiede. Rawitz (87) führt in seiner Arbeit über die Zetazeen den Begriff „Funktionswechsel" ein. Der Acusticuskern und der Goll'sche Kern stehen nach seiner Ansicht so ununterbrochen und miteinander in Zusammenhang, dasz sie eigentlich als eine Einheit zu betrachten sind. Er sagt „dasz die graue Masse, die als Ursprungsstätte der kapitokaudalen Akustikuswurzel zu betrachten ist, in direktem, nirgends unterbrochenem Zusammenhange miteinander steht". Von dem einen Kern gehen kreuzende Fibrae arc. int. aus und von dem anderen Acusticusfasern und daher (?) spricht er von „Funktionswechsel". Mir ist dies nicht klar geworden.

Hatschek und Schlesinger finden beim Delphin (Delphinus delphis) in Übereinstimmung mit dem von Bischoff beschriebenen unpaarigen Kern einen Schwanzkern bei diesem mit einem starken Schwanz versehenen Tiere. Auch hier sehen wir eine seichte Fissura med. post. und einen distalen und dorsalen Kern auftreten. Im Gegensatz zu der beim Delphin vorliegenden Sachlage fanden wir bei Phocaena eine tiefe Fissura long. post., die erst mehr oralwärts seichter und dann fast ganz von dem medianen Kern eingenommen wird. Zwar tritt der letztere schon sehr kaudal auf; aber von einer dorsalen Lage ist nichts zu merken. Über andere Unterschiede zwischen den Auffassungen Hatschek's und Schlesinger's und den meinigen will ich mich hier nicht weiter verbreiten, einerseits, da dieselben von untergeordneter Bedeutung sind, und andererseits, da sich diese aus dem schon oben hervorgehobenen Umstande erklären, dasz die beiden genannten Forscher ihre Studien an einem Delphin vornahmen, ich dagegen an einem Braunfisch.

Wenn wir nun weitere morphologische Besonderheiten ruhen lassen und statt dessen versuchen, den Zusammenhang zwischen dem Bau der Hinterstränge und namentlich der Hinterstrangkerne einerseits und der Körperentwicklung und dem Bau und der Funktion der Extremitäten andererseits näher zu beleuchten, dann müssen wir damit beginnen, auf die völlig veränderte Lebensweise des Braunfisches, die so sehr von derjenigen der Landsäugetiere abweicht, hinzuweisen. Am nächsten stehen sie wohl den Karnivoren, weshalb man sie denn

auch geradewegs als Seekarnivoren zu bezeichnen pflegt. Dasz die Zetazeen durch Anpassung an das Wasserleben ihre Fischgestalt erlangt haben, lehrt aufs deutlichste die Embryologie. Bei kleinen Embryonen von Zetazeen liegen Kopf, Rumpf und Schwanz noch keineswegs in einer nur wenig gebogenen Umriszlinie hintereinander, wie es bei den Fischen der Fall ist, sondern zeigen sie deutliche Abgrenzungen. Kopf und Schwanz bilden dann noch einen Winkel mit einander, gerade wie bei anderen Säugetieren. Bei jungen Embryonen trifft man deutliche Ausstülpungen an der Stelle der hinteren Gliedmaszen; beim jungen neugeborenen Braunfisch ist auch davon nichts mehr zu sehen. Der Schwanz unterscheidet sich von dem gewöhnlichen Fischschwanz dadurch, dasz er nicht senkrecht, sondern wagerecht steht. Er hat die Bedeutung eines Fortbewegungsorganes, etwa in dem Sinne einer Schraube, nur dasz er nicht die volle sondern nur eine teilweise Drehung auszuführen vermag. Um seine Aufgabe der Fortbewegung, für die grosze Kraft erforderlich ist, gut ausführen zu können, ist der Schwanz der Zetazeen denn auch mit auszerordentlich starken Muskeln und Sehnen ausgestattet. Seine einzelnen Teile werden durch eine bewundernswert feine Verteilung der Muskeln und deren ebenso bewundernswert reiche Innervation alle gesondert selbständig in Bezug aufeinander bewegt, während die Schwanzwirbel selbst in Bezug auf einander beweglich sind. Infolge dieses höchst rationellen Baues vermögen sich die Zetazeen, selbst die Riesen unter ihnen, ungemein schnell, bequem und elegant in ihrem Elemente, dem ihr Körperbau so vortrefflich angepaszt ist, fortzubewegen.

Die vorderen Gliedmaszen, die völlig zu Brustflossen umgestaltet sind, dienen nur zum Steuern. Von den hinteren Gliedmaszen, für die unter den gegebenen Umständen nichts mehr zu tun übrig blieb, ist äuszerlich nichts mehr zu entdecken, nur im Körperinnern bestehen noch vereinzelte geringe Rudimente. Das Skelett der vorderen Gliedmaszen weist Finger mit mehreren Gliedern auf, wodurch den Brustflossen die erforderliche Elastizität und grosze Biegsamkeit gewährleistet wird. Der distale Teil der vorderen Extremität, die Brustflosse, ist gröszer als der Armknochen und in Verband mit seiner Funktion als Steuer breiter und flacher. Der Rückgang der hinteren Extremitäten ist noch viel stärker als derjenige der vorderen; da sie bei der Lebensweise der Zetazeen völlig entbehrt werden können, sind sie ganz verschwunden. Dadurch wird aber die Lebensbetätigung der Zetazeen, somit also auch diejenige der Braunfische, die wesentlich in Tauchen und Schwimmen unter Wasser besteht, nicht im geringsten beeinträchtigt. Diese beiden Tätigkeiten sind nicht nur im Dienste der Nahrungsaufnahme nötig, sondern auch für das Ausführen der weiten Wanderungen, die für diese Tierordnung so charakteristisch sind; auf eben diese Lebensweise ist

denn auch der so ganz abweichende Körperbau der Seekarnivoren basiert.

Wenn wir nun an die Frage herantreten, inwiefern wir zwischen den von uns und von Andern an der Medulla oblongata und speziell in einem Teile derselben — dem Gebiete der Hinterstrangkerne — gemachten Beobachtungen einerseits und dem Bau und der Funktion der Gliedmaszen anderseits Beziehungen entdecken können, dann ergeben sich grosze Schwierigkeiten. Zunächst infolge des für eine einwandfreie Lösung unzulänglichen Materials. Wer möchte sich getrauen, auf Grund einer einzigen Serie ein Urteil über diese Art schwer zu lösender Probleme zu fällen? Allenfalls können unsere Beobachtungen in Verband mit Untersuchungen von anderer Seite einen Fingerzeig in derjenigen Richtung geben, in welcher man weiterstudieren musz, um die in den Hintersträngen und Hinterstrangkernen obwaltenden Verhältnisse, wenigstens so weit dies möglich ist, zu erklären.

Zu allernächst fällt an dem Rückenmark der Zetazeen auf, dasz die Hinterstränge der Zetazeen verhältnismäszig so gut entwickelt sind, während die kutane Sensibilität nur eine sehr geringe ist. Gerade die Haut ist bei den Zetazeen ein wenig sensibles Organ. Die Hautnerven der völlig unbehaarten Haut sind relativ schwach, Hautdrüsen und glatte Muskulatur fehlen, und schlieszlich läszt die dicke Speckschicht unter der Haut mit ihrer ölartigen Abscheidung keine empfindliche Haut annehmen. Auch trägt die ausschlieszliche Lebensweise im Wasser zur Verminderung der Hautsensibilität bei.

Da gilt es nun, in einer anderen Richtung nach einer Ursache zu suchen, warum die Hinterstränge trotz der geringen Hautsensibilität — zu deren Leitung allenfalls entsprechend dünnere Stränge ausreichen würden — dennoch eine durchaus gute Entwicklung besitzen, und da lenkt sich die Aufmerksamkeit von selbst auf die zweite Art der Sensibilität, die tiefe Sensibilität, die ihren Sitz in den Gelenken, Muskeln, Bändern, Sehnen und Faszien hat und eben von den Hintersträngen aufwärts geleitet wird. Und wenn man sich nun der obigen Ausführungen über die reiche Ausstattung des sehr kräftigen Schwanzes und der noch gut entwickelten Vorderextremitäten mit derartigen Organteilen (Muskeln, Bändern usw.) erinnert, dann ist es kein Wunder, dasz sich trotz des Fehlens der Hinterextremitäten und trotz der Reduzierung der Vorderextremitäten zu Flossen, bei den Zetazeen dennoch gut entwickelte Hinterstränge finden, wenn diese auch (relativ) kleiner sind als die Hinterstränge der Landkarnivoren. Allein schon der gewaltige Schwanz mit seiner infolge der sehr groszen Beweglichkeit reichen Tiefensensibilität musz viele zentripetale Impulse nach aufwärts senden, und die dafür angewiesene Bahn liegt eben in den Hintersträngen.

Wir müssen gestehen, dasz es sehr schwer ist, zu sagen, ob die von uns beschriebenen dorsalen Kerne ein Homologon des Goll'schen Kernes sind oder nicht, ob ferner ein Burdachkern vorkommt oder ob auch dieser fehlt. Einwandfrei läszt sich eigentlich nur das eine feststellen, dasz zufolge des von uns untersuchten Materials der Braunfisch einen starken medialen Kern besitzt, der, wie schon bemerkt wurde, als Schwanzkern bezeichnet werden musz.

Sehr schwer ist natürlich zu sagen, ob und inwieweit sich der so abweichende Bau der Extremitäten in einer ebenfalls veränderten Lage und Beschaffenheit der diversen Hinterstrangkerne abspiegelt. Es ist keineswegs ausgeschlossen, dasz dies so ist, und in diesem Falle liesze sich vielleicht dieses folgern: In Hinblick auf das Fehlen der hinteren Extremitäten bei den Zetazeen ist anzunehmen, dasz bei dieser Tierart wohl keine Goll'sche Kerne angetroffen werden. Ebenso dürften in Hinblick auf die recht rudimentären, für ihre abweichende Funktion zu Flossen umgestalteten vorderen Gliedmaszen allenfalls nur unbedeutende Burdachkerne zu erwarten sein. Sehr wahrscheinlich dürften jedenfalls Teile grauer Masse, die wir in den Hintersträngen sahen, als Hinterstrangkerne angesprochen werden müssen, umsomehr, als die Fibrae arc. int. von hier aus entspringen. Die richtige Deutung dieser Gebilde bietet indessen durch ihre bizarre Form, durch das Beschränktbleiben auf den medialen Teil der Hinterstränge und durch die abweichende Lage in bezug aufeinander, z. B. bei dem Versuche, in ihnen homologe Gebilde mit den Goll'schen und Burdach'schen Kernen zu erkennen, so viele Schwierigkeiten, dasz es besser ist, allein zu sagen: Der Braunfisch hat Hinterstrangkerne, einen Schwanzkern und einen Blumenaukern.

Mit diesem Resultat werden wir uns einstweilen zufriedenstellen müssen.

Indessen ist noch eine andere Auffassung möglich und zwar im Sinne Hatschek's und Schlesinger's. Sie nehmen an, dasz die tiefe Sensibilität des ganzen Körperhinterendes auf den Goll'schen Kern projiziert. Die Goll'schen Kerne, die in Fig. 42 und 43 als die medialen Kerne zu betrachten sind, hängen tatsächlich mit dem unpaarigen Kern zusammen. Sie glauben — und für diesen Standpunkt ist viel zu sagen — dasz der unpaarige Kern und die Goll'schen Kerne zusammen als ein groszer Hinterstrangkern für das hintere Körperende aufzufassen sind. Gegenüber dieser Auffassung läszt sich m. E. der Einwand erheben, dasz, da Schwanz und der hintere Körperteil ein untrennbares, innig zusammenhängendes Ganzes bilden, dessen tiefe Sensibilität, die dann auf den Kernkomplex projiziert werden würde, den der mediane Schwanzkern mit den medialen Hinterstrangkernen

zusammen bildet, auch einen mehr zusammenhängenden Kern ergeben müszte, wie dies aus unseren Figuren hervorgeht. Dasz Hatschek und Schlesinger an dem verschiedenen Bau Goll'sche Kerne von Burdachkernen unterscheiden wollen und hier auf Grund des losen Baues der medialen Kerne die gleichmäszige Zell- und Faserverteilung der Kerne als echte Goll'sche Kerne sich zu differenzieren getrauen, scheint mir etwas gewagt.

RODENTIA.

Mus decumanus.

Bischoff fand bei der Ratte eine genau median gelegene Ganglienzellengruppe; links und rechts davon lagen die Goll'schen und Burdach'schen Kerne. Die Ratte besitzt also fünf Hinterstrangkerne. Der median gelegene Kern tritt mehr kaudal auf als die paarigen Kerne. Die Fiss. med. post. wird dort von dem Mediankern eingenommen. Das Septum med. post., das im oberen Rückenmark sehr deutlich ist, verschwindet.

Arctomys. Es ist ein schöner Blumenaukern vorhanden.

Lepus. Auch hier findet sich ein schöner Blumenaukern. Die Hinterstrangkerne sind im Verhältnis zur ganzen grauen Masse schon bedeutend kleiner als bei den höheren Tieren.

Im übrigen bieten die Hinterstränge bei den Rodentia keinen Anlasz zu näheren Bemerkungen.

XENARTHRA (Edentata).

Myrmecophaga tridactyla. s. jubata. (Ameisenbär).

Auffallend ist der sehr lange Schwanz (68 cm), der mit Haaren von 95 cm Länge bekleidet ist. Besonders eigentümlich ist auch sein langsamer, schwerfälliger Gang, der durch die sonderbare Weise entsteht, in welcher er die starken muskulösen Vorderfüsze niedersetzt. Hierbei schlägt er nämlich die „Hand" nach innen um, um die sehr kräftig entwickelten Krallennägel, namentlich diejenigen am dritten Finger, zu schonen; er läuft dann auf der Dorsalseite des dritten, vierten und fünften Fingers, die besonders kräftig entwickelt sind. Namentlich der Mittelfinger ist auffallend grosz und trägt einen groszen Krallennagel. Die Hinterfüsze sind längst nicht so kräftig wie die vorderen Extremitäten; auch die Krallen an ihnen sind weniger entwickelt. Mit den starken Vorderfüszen gräbt und kratzt er die Termitenhügel auf.

Bei frontal gelegten Querschnitten des Zentralnervensystems des Ameisenbären bemerken wir, dasz in den mehr kaudalen Niveaus der Burdach'sche Kern viel voluminöser ist und mehr hervortritt als der Goll'sche Kern. Diese Erscheinung steht offenbar wieder mit dem Um-

stande in Verband, dasz die Hinterextremitäten des Ameisenbären viel schwächer und schlanker sind als die zum Graben benutzten Vorderfüsze.

Mehr oralwärts sehen wir auch den Goll'schen Kern kräftiger entwickelt (siehe Fig. 50). Das Trigeminusgebiet ist grosz, wenn auch nicht so belangreich wie beim Maulwurf.

Auf einem abermals höher gelegenen Niveau sieht man, dasz der Burdachkern noch immer sehr grosz ist. In dem Fun. cun. beginnt sich ganz in der Peripherie ein Kern zu entwickeln, in dem wir wohl den Blumenaukern zu sehen haben. Der Goll'sche Kern, der ziemlich stark nach lateralwärts umbiegt, ist in der Richtung des sich neu entwickelnden Kernes in eine Spitze ausgezogen. Der Blumenaukern ist durch Brückchen grauer Masse mit dem Burdachkern verbunden. Der Funic. cuneat. ist ganz in der grauen Masse eingeschlossen.

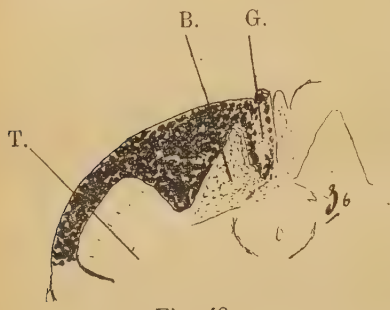


Fig. 49.

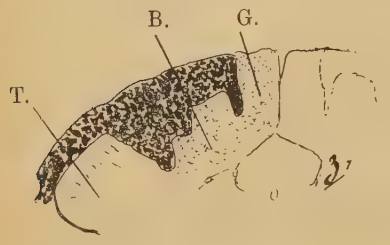


Fig. 50.

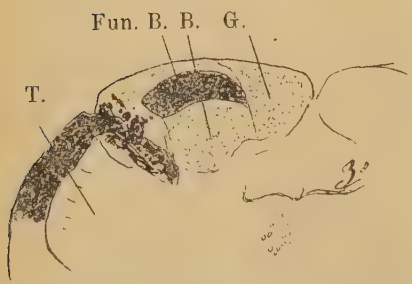


Fig. 51.
Hinterstrangkerne von Myrmecophaga tridactyla.

G = Gollkern.
B = Burdachkern.
Fun. B. = Funic. Burdachi.
T = Trigeminus.

Der *Hypoglossus*kern fällt auf durch seine ungemein groszen Zellen, die dem groszen motorischen Zungenapparat entsprechen, der von ihm zu versorgen ist. Die Zellen im Blumenaukern sind auch grosz, aber nicht so grosz wie diejenigen des Hypoglossuskernes.

Tamandua tetradactyla.
(Groszer Ameisenfresser.)

Während Myrmecophaga keinen deutlichen Bischoffkern hat, finden wir einen solchen wohl bei Tamandua, der den Schwanz als ein echter Wikkelschwänzler gebraucht, indem er nämlich beim Ersteigen der Bäume den Schwanz um die Äste wickelt und sich auf diese Weise festhält. Auch beim Sitzen wird der Schwanz benutzt.

Infolge dieser Funktionen ist der Schwanz denn auch sehr muskulös. Die Vordergliedmaszen sind ebenso

Fig. 52.

Fig. 53.

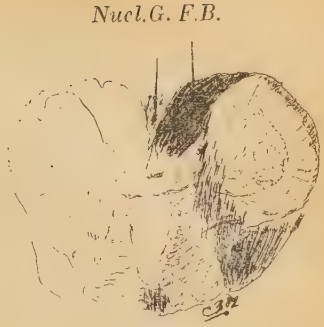


Fig. 54.

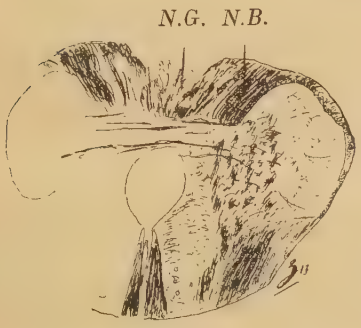


Fig. 55.

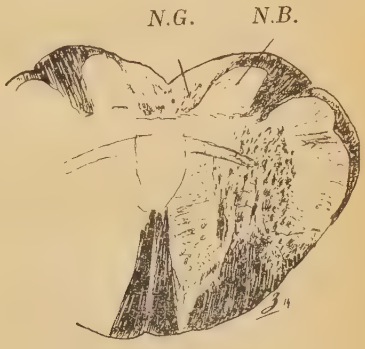


Fig. 56.

Fig. 57.

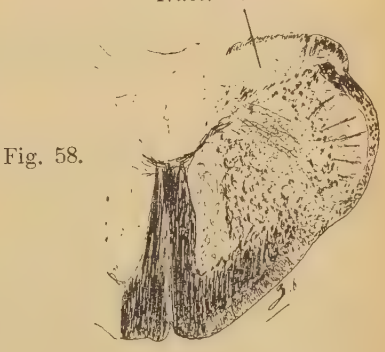


Fig. 58.

Fig. 59

Hinterstrangkerne von Vesperugo noctula.
(von kaudal nach oral).

F.B. = Fun. Burdachi.
F.G. = Fun. Goll.
Nucl. G. = Goll'scher Kern
N.B. = Burdachkern.
Bl. = Blumenaukern.

wie bei Myrmecophaga kräftig entwickelt. In Übereinstimmung damit treffen wir bei Tamandua einen groszen Burdachkern. Auch der Blumenaukern ist gut entwickelt.

Bei dieser Gelegenheit möchte ich noch einmal darauf hinweisen, dasz überall dort, wo es gilt, das Gleichgewicht zu bewahren, so z. B. beim Springen, Klettern und Laufen, in der Tierwelt der Blumenaukern gut entwickelt ist. Wenigstens habe ich bei meinen Untersuchungen diesen Eindruck bekommen. Der Blumenaukern macht einen Teil der Gleichgewichtskerne aus, zu denen der Vestibularis an erster Stelle gehört, und bezüglich deren ich glaube, dasz der Blumenaukern einen ihrer vorausgeschobenen Posten darstellt.

CHIROPTERA.

Vesperugo noctula.

Von diesem Repräsentanten biete ich nebenstehend eine Anzahl Zeichnungen dar, welche ich bei meinem Studium nach einer etwas schräg geschnittenen Serie von Schnitten durch die Hinterstrangkernpartie der Med. obl. anfertigte.

Wir bemerken bei Vesperugo einen kräftig entwickelten Burdachkern, der den Goll'schen Kern übertrifft. Auch das Trigeminusgebiet der spinalen Wurzel ist grosz. Der Goll'sche Kern ist von geringerer Bedeutung. Auch hier stimmt die Entwicklung der Hinterstrangkerne wieder mit dem Körperbau und der Lebensweise der Tiere überein.

So ist für die Fledermaus das Charakteristische die Umwandlung der vorderen Gliedmaszen zu Flugorganen. Die Knochen des Unterarmes, die Mittelhandknochen (auszer demjenigen für den Daumen) und die Finger sind übermäszig lang. Zwischen den langen Fingern, ebenso zwischen den vorderen und den hinteren Gliedmaszen und endlich zwischen den letzteren spannt sich die sehr sensible Flughaut aus. Das Gehen fällt den Fledermäusen sehr schwer; dabei stützen sie sich mit den Endgliedern der Vorderfüsze und den Hinterfüszen auf dem Boden. Gesicht und Gehör sind schlecht. In Verband hiermit ist es erklärlich, dasz die Hinterstränge und namentlich der Funiculus cuneatus bei den Fledermäusen so stark entwickelt sind. Die ganze vordere Extremität, die so enorm entwickelt ist, benötigt zu ihrer Versorgung neben der groszen Oberflächensensibilität der Flughaut eine stark entwickelte tiefe Sensibilität So ist denn auch der Nucl. cuneatus recht kräftig entwickelt; von Anfang an übertrifft er den Goll'schen Kern. Betreffs der spezielleren Art der Projektion ist es wohl sicher, dasz der *distale Teil der Extremität*, der bei den Fledermäusen eine so grosze Ausdehnung aufweist, seine Sensibilität *auf den distalen Teil des Kernes* projiziert.

Auch der Blumenaukern ist bei Vesperugo gut entwickelt. Von einem Schwanzkern haben wir nichts gefunden.

Vespertilio murinus bietet ungefähr dieselben Verhältnisse dar. In Nissl-Präparaten treffen wir in der latero-dorsalen Ecke die groszen Zellen des Blumenaukernes an. Dieser Kern geht oralwärts in den Vestibulariskern über; er ist wenigstens schwer von ihm zu trennen.

Ziehen (117) hat Vespertilio serotinus näher untersucht. Er findet den medianen und den eigentlichen Goll'schen Kern schwach entwickelt, (bei Vespertilio murinus traf ich überhaupt keinen Bischoffkern an) und den Burdachkern fand er „relativ auszerordentlich mächtig". Auch Draeseke (28) hat Handflügler untersucht (Pteropus und Vesperugo). Bei Vesperugo serotinus charakterisiert er das ganze Hinterstrangfeld als ein Rechteck; er schreibt: „Der Goll'sche Kern zeigt bereits seine stark zerklüfteten Kernmassen, die median eine Verbindung mit dem zentralen Grau erkennen lassen". Er findet einen Sulcus medianus und einen Sulcus intermedius post. und gibt auch eine Abbildung davon. Auch Pteropus ursinus ist von Draeseke beschrieben worden, wobei *wiederum der kompakte und mit breiter Basis angelegte Nucl. cuneatus* dem Nucl. gracilis mit seiner losen Struktur gegenübergestellt wird. Freilich weist Draeseke nicht auf den Gröszenunterschied der beiden Hinterstrangkerne hin; aber seine Arbeit hat auch nicht die letzteren, sondern die Pyramidenkreuzung zum Gegenstande.

INSECTIVORA.

Talpa europaea.

Unter den Sinnen nimmt der Geruch eine sehr hervorragende Stelle ein. Von seinen vier kurzen Extremitäten sind die vorderen zu mächtigen Grabwerkzeugen umgestaltet; die hinteren dagegen sind schmal und ähneln den Rattenfüszen. Derartig kurze Beine befähigen natürlich weder zum Klettern noch zum Springen.

Ganser (*37a*) hat in einer trefflichen Studie das Gehirn des Maulwurfes ausführlich beschrieben. Er bemerkt, dasz makroskopisch keine Trennung zwischen den Goll'schen und den Burdach'schen Strängen wahrzunehmen ist, was im Grunde darauf zurückzuführen ist, dasz die Goll'schen Stränge in der Fissura long. post. verdeckt liegen; sie werden völlig von den breiten Burdachsträngen umhüllt. Clavae besitzt der Maulwurf nicht. Ganser's Beschreibung beschränkt sich allerdings nur auf das Gehirn; die Medulla und das Rückenmark werden nicht von ihm behandelt, sodasz wir für den von uns hier behandelten Gegenstand nicht aus seiner Arbeit schöpfen können.

Im Nachstehenden werden wir nunmehr unsere eignen Befunde mitteilen und durch einige Abbildungen illustrieren, wobei wir von

Fig. 60.

Fig. 61.

Fig. 62.

Fig. 64.

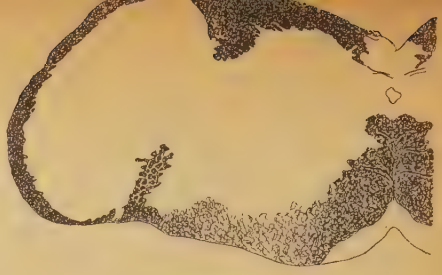


Fig. 65.

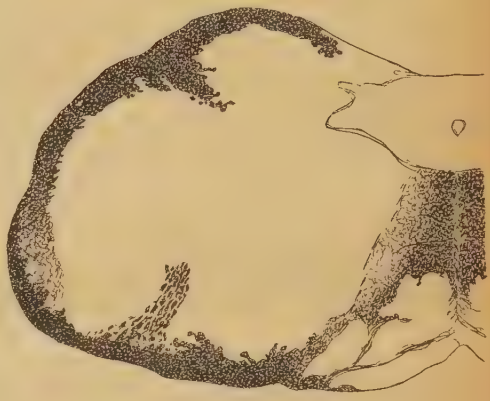
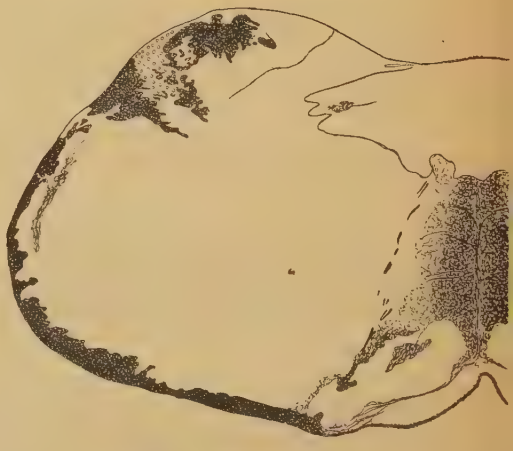


Fig. 66.



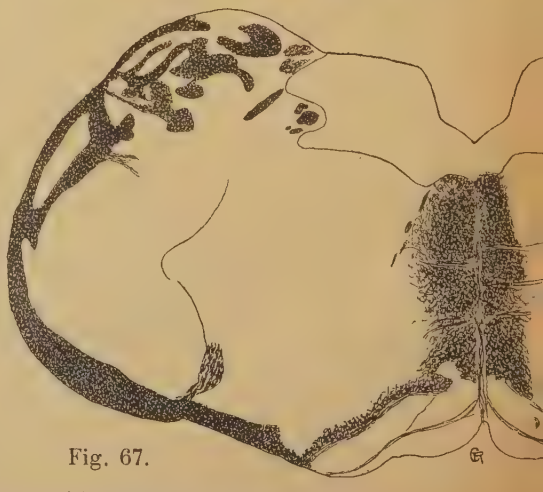


Fig. 67.

Hinterstrangkerne von Talpa europaea (siehe Text auf S. 73 und 74).

distal nach oral fortschreiten. Wir beginnen mit denjenigen Schnitten, in welchen ein paarig angelegter Kern sichtbar ist.

Der Sulc. med. post. ist nur eben angedeutet. (Fig. 60.)

Etwas mehr oralwärts ist der anfangs scheinbar paarig angelegte Kern durch Verschmelzung schon zu einem unpaarigen geworden. Der verschmolzene Goll'sche Kern reicht etwas mehr ventral. Der Sulcus med. post. ist etwas tiefer. Von einem Burdachkern ist hier noch keine Rede. (Fig. 61.)

Der Goll'sche Kern, der in distaleren Schnitten mehr dorsal gelegen war und doch immer seinen paarigen Charakter nicht verleugnete durch das Gliaseptum, das mehr oder weniger den doppelten Charakter des Goll'schen Kernes erkennen liesz, schlosz eine Verwechslung mit einem Bischoffkern doch wohl ziemlich aus. Hier sehen wir nun auch einen Burdachkern auftreten, der bald nach oralwärts an Grösze zunimmt. (Fig. 62.)

Der Burdachkern, der erst auf Querschnitt eine dreieckige Form besitzt, die mit einer Spitze nach dorsal gerichtet ist, hat sich verbreitert. Der Goll'sche Kern, der in distal gelegenen Schnitten eigentlich absolut nicht dem Bilde ähnelt, das ein Nucleus gracilis darbietet, ist in diesem Niveau besser zu erkennen. Es läszt sich deutlich sein paariger Charakter erkennen, wenn auch beide noch fast ganz verschmelzen, namentlich in dem nach dem zentralen Grau gekehrten Teile. (Fig. 63.)

Der Goll'sche Kern bleibt sehr klein im Verhältnis zu dem stets gröszer erscheinenden Burdachkern. Auch ist das spinale Gebiet des Quintus auffallend grosz, wie wir dies auch beim Igel antreffen werden. Ferner fällt uns in diesen Schnitten eine Erscheinung auf, die wir bisher noch nicht erwähnten, nämlich der Umstand, dasz die Pyramidenbahn marklos ist. Wir befinden uns hier erst in dem unteren Drittel der Olive und doch zeigt der Burdachkern schon die bereits erwähnte grosze Ausdehnung. Der Sulcus med. post. ist bis zum vierten Ventrikel verbreitert, dessen mediale Seiten von den dorsalen Flächen des Goll'schen Kernes eingenommen werden. (Fig. 64.)

Noch etwas weiter zerebralwärts ist der markante Unterschied zwischen Goll- und Burdachkernen noch gröszer geworden. Die kleinen Goll'schen Kerne sind auseinander gewichen, sodasz ein platter Boden vom vierten Ventrikel gebildet wird. Der Zentralkanal ist noch durch eine recht dicke Schicht grauer Masse vom Boden des vierten Ventrikels getrennt. (Fig. 65.)

In den noch mehr oralwärts gelegenen Schnitten hört der starke Unterschied in der Grösze zwischen Goll- und Burdachkernen auf. Zwar ist der Burdachkern noch etwas gröszer als der Goll'sche, aber während der Burdachkern anfängt, sehr an Umfang abzunehmen, ist

nun der Goll'sche Kern oralwärts grösser geworden als distal. Wir nehmen hier an dem Goll'schen Kern dieselbe Erscheinung wahr, die wir bereits bei einigen Affenarten bemerken konnten, nämlich ein Längerwerden des Kernes, gleichsam ein Ausziehen in eine scharfe, nach lateralwärts gerichtete Spitze. (Fig. 66.)

Auch sehen wir in diesem Niveau den Blumenaukern auftreten mit seinen grösseren Zellen, welche deutlich diejenigen der beiden eigentlichen Hinterstrangkerne übertreffen.

Nachdem sich endlich der Zentralkanal in den vierten Ventrikel geöffnet hat, sind die Goll'schen und Burdach'schen Kerne schwer mehr voneinander zu unterscheiden; sie beginnen übrigens beide, sehr klein zu werden. Dagegen ist der Blumenaukern in diesem Schnitte deutlicher. (Fig. 67.)

Fassen wir nun unsere Ergebnisse bezüglich des Maulwurfs zusammen, dann fällt zunächst und am stärksten die erhebliche Grösze des Burdach'schen Kernes auf, während der Goll'sche Kern von sehr geringer Bedeutung ist und groszenteils von links und rechts zu *einem* Kern verschmilzt, sodasz in distalen Schnitten sogar eine Verwechslung mit einem unpaarigen Kerne möglich war.

Es ist wohl als feststehend zu erachten, dasz der grosze Burdachkern des Maulwurfs auf die mächtige Entwicklung der zu Grabewerkzeugen umgestalteten vorderen Gliedmaszen zurückzuführen ist. Da die Grabehand des Maulwurfes hinreichend ihre anstrengende Funktion erfüllen kann, musz sie mit einer reichen Tiefensensibilität ausgerüstet sein, und diese bedingt ihrerseits wieder zu ihrer Fortleitung entsprechend kräftige Leitungsstränge und an deren Ende eine wohlausgerüstete Endstation, d. h. in vorliegendem Falle: einen starken Burdachkern [1]).

Schlieszlich sei noch bezüglich der Art der Sensibilitätsprojektion bemerkt, dasz bei Zunahme der tiefen Sensibilität des distalen Teiles der Extremität der Kern auch distal an Umfang zunimmt.

Wir haben diese Erscheinung auch bereits bei Phoca und Vesperugo mit ihrem infolge dieser Projektionsart sogar birnförmig gewordenen Burdachkern konstatiert.

Wenn mehr oralwärts der Blumenaukern auftritt, hat die Vorherrschaft des Burdach'schen Kernes schon aufgehört.

Die nachstehende Figur 68 zeigt uns, dasz in dem proximalen Teile der Hinterstrangkerne das Übergewicht des Burdach'schen Kernes über den Goll'schen Kern wirklich nicht mehr besteht.

[1]) Ziehen u. a. ist die grosze Bedeutung des Burdachkernes in Verband mit der Grabehand und der Lebensweise nicht aufgefallen. Wohl hat er natürlich gesehen, dasz der Burdachkern beim Maulwurf gut entwickelt ist.

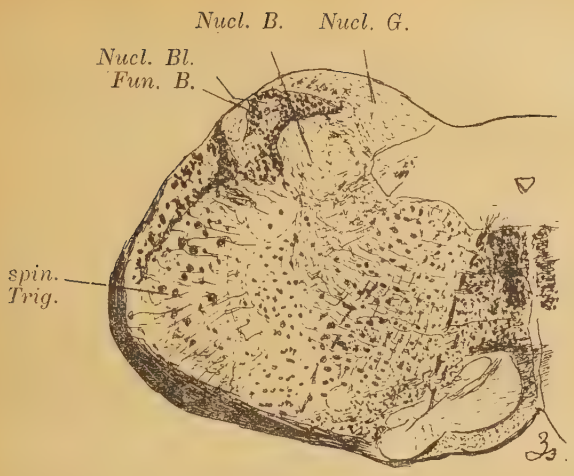


Fig. 68.
Hinterstrangkerne von Talpa europaea.
(in Höhe des Blumenaukernes.)

Nucl. G. = Goll'scher Kern.
Nucl. B. = Burdach'scher Kern.
Nucl. Bl. = Blumenaukern.
Fun. B. = Funiculus Burdachi.
spin. Trig. = spinaler Trigeminus.

Schlieszlich sei noch erwähnt, dasz bei einigen Insektivoren speziell das Tuberculum cuneatum gut entwickelt ist, während die Clava entweder fehlt oder doch nur in rudimentärer Form vorliegt. (Maulwurf).

Erinaceus europaeus.

Dieser Repräsentant der Insektivoren zeichnet sich durch die rüsselförmige Verlängerung seiner Nase und ein ungemein entwickeltes Geruchsorgan aus. Die Beine sind kurz und dick. Der Gang ist langsam und schwerfällig. Die Füsze sind mit starken Krallen versehen. Der Schwanz ist kurz. Bezüglich der Sinnesfunktionen sei bemerkt, dasz im Gegensatz zu dem höchst scharfen Geruchssinn die Sensibilität auszerordentlich gering ist. Brehm sagt hierüber: „Das Gefühl erreicht eine Stumpfheit, die geradezu ohne Beispiel dasteht". Das Gehör ist scharf. Geschmack und Geruch sind von wenig Bedeutung.

Diese kurze Darlegung der wichtigsten Lebensäuszerungen dieses Repräsentanten, der sich eine Beschreibung des Baues der Oblongata anschlieszt, möge vorangehen, um die bestehende Wechselbeziehung zwischen Bau und Funktion der Gliedmaszen und auch der Sinnesorgane einerseits und den speziellen Einzelheiten des verlängerten Markes anderseits gut ins Auge fassen zu können.

Betrachten wir nunmehr zunächst die Goll'schen Stränge. Von ihnen sagt Ganser: „Beim Igel sind die Goll'schen Stränge zu einem unpaarigen, sehr schmalen Bande verschmolzen, ebenso wie bei den Marsupialiern." Dies kann ich nicht bestätigen. Aus meinen Präparaten und ebenfalls aus meinen nach diesen Präparaten angefertigten Zeichnungen geht hervor, dasz wenigstens im Zervikalmark nicht von einem unpaarigen Strange gesprochen werden darf. Und Ziehen, dessen Befunde mehr mit den meinigen übereinstimmen, sagt: „In dem grö-

szeren kapitalen Teile der Oblongata sind also die Goll'schen Strängen getrennt."

Zwischen den Goll'schen und Burdach'schen Strängen bemerkt man deutlich einen Sulcus, den sog. Sulcus paramedianus posterius, der ebenso wie bei den Känguruhartigen eben unter der Apertura canalis angetroffen wird.

In unseren Schnitten finden wir längs der Raphe einen nicht kompakt gebauten Goll'schen Kern mit zahlreichen längsverlaufenden Fasern dazwischen. Das Hinterhorn weist einige unregelmäszige kleine Erhebungen (Vorsprünge) auf, von denen die am meisten medialwärts gelegene als der Beginn eines Burdachkernes aufgefaszt werden musz. Der laterale Vorsprung erweist sich seinem Baue nach als zum Trigeminusgebiete (spinale Wurzel) gehörig. Unsere Präparate, die gerade in der Medianlinie aufhören, gestatten nicht, zu entscheiden, ob auch ein unpaariger medianer Kern vorhanden ist. In etwas mehr oralwärts gelegenen Schnitten finden wir dieselben Verhältnisse vor, nur etwas ausgeprägter. Der Kern des Funiculus gracilis ist gröszer geworden. In dem Fun. Burdachi finden wir dorsolateral etwas graue Masse. Der Burdachkern nimmt nur wenig an Umfang zu; er wird von dem Goll'schen Kern an Bedeutung übertroffen. Nach oralwärts verschmelzen beide Kerne miteinander. Das genannte dorsolateral vom Burdachkern liegende Häufchen grauer Masse weist einen anderen Bau und gröszere Zellen auf als die beiden eigentlichen Hinterstrangkerne, der Goll'sche und der Burdach'sche Kern. In diesem Häufchen Grau wird unschwer der Blumenaukern erkannt, welcher oralwärts noch an Grösze zunimmt. In allen Schnitten fällt es auf, dasz das spinale Trigeminusgebiet so grosz ist.

Nach Ziehen ist der mediane Kern zu einer kleinen stumpfen Fortsetzung der grauen Masse rings um den Zentralkanal „verkümmert" und im Einklange damit tritt in kaudaleren Niveaus ein tiefer Sulcus med. post. auf. Den lateralen Kern, also den eigentlichen Goll'schen Kern, findet Ziehen auch gut entwickelt, obwohl wenig kompakt von Bau. Von dem medialen Burdachkern, d. h. dem eigentlichen Burdachkern, sagt er dagegen, dasz derselbe „in auffallender Weise verkümmert ist". Wie ist nun die Erscheinung zu erklären, dasz der Burdachkern, welcher beim Maulwurf in so hervorragender Weise dominiert, bei einem andern Vertreter derselben Ordnung (Insektenfresser), dem Igel, eine so geringe Grösze hat? Die Ursache hierfür liegt offenbar in der verschiedenen Entwicklung der vorderen Extremitäten. Beim Maulwurf haben wir ausführlich dargelegt, dasz die Grösze des Burdachkernes auf die starke Projektion der Grabehand zurückzuführen ist. Beim Igel dagegen, wo die Vorderextremität nur eine geringe Bedeutung hat,

kommt dies auch zum Ausdruck in der Dürftigkeit des Burdach'schen Kernes. Wir haben hier beim Vergleich dieser beiden Vettern aus derselben Tierordnung ein interessantes Beispiel, wie sich die so sehr voneinander abweichende Lebensweise beider Tiere bis in den Bau dieser kleinen Hinterstrangkerne widerspiegelt.

MARSUPIALIA.

Vorweg sei bemerkt, dasz Ziehen die Känguruhartigen in einer Monographie zusammen mit den Monotrematen beschrieben hat (118 und 119).

Perameles.

Bei Perameles findet Ziehen einen medianen akzessorischen Kern, der gut entwickelt ist. Der Sulcus medianus posterior fehlt in den kaudalen Niveaus ganz. Der Sulcus intermedius post. ist sehr deutlich. Des weitern heiszt es bei Ziehen: „Der gut entwickelte mediane Kern tritt in distaleren Ebenen auf als der laterale Goll'sche Kern und stellt sich zunächst nur als ein medianer Ausläufer der zentralen grauen Substanz dar, die sich nach beiden Seiten etwas verästelt. Diese seitlichen Verästelungen nehmen zerebralwärts an Ausdehnung zu und bilden jederseits den lateralen Goll'schen Kern. Dabei lösen sie sich von dem medianen Goll'schen Kern mehr und mehr ab, bleiben aber mit der zentralen grauen Substanz in Zusammenhang. Der mediane Goll'sche Kern nimmt umgekehrt etwas ab und Hand in Hand damit prägt sich zerebralwärts ein Sulcus medianus posterior aus. Schon kurz vor der Öffnung des Zentralkanales verschwindet der mediane Goll'sche Kern ganz." Einer weiteren Wiedergabe von Ziehen's ausführlicher Beschreibung der eigentlichen Goll'schen Kerne (die von ihm im Gegensatz zu dem Bischoffkern, dem medianen Kern, laterale genannt werden), werde ich mich enthalten. Ebensowenig werde ich hier auf seine Meinung eingehen, dasz „der Burdach'sche Kern nichts anderes darstellt als eine mächtige Weiterentwicklung des Processus cuneatus des oberen Zervikalmarks, bezw. des Angulus internus des Hinterhorns." Mehr oralwärts findet Ziehen auch den Blumenaukern, den er „als eine Kappe auf der spinalen Trigeminuswurzel" beschreibt.

Hauptsache für uns, die wir von Parameles keine Schnitte besitzen, ist, dasz Ziehen einen Schwanzkern und einen Blumenaukern findet, und dasz ferner aus der Reproduktion in seinem Werke (Fig. 38, S. 884) hervorgeht, dasz die eigentümliche Formation des Goll'schen Kernes, wie ich diese in typischer Weise bei allen von mir untersuchten Känguruhartigen konstatierte, auch bei Perameles angetroffen wird.

Macropus.

Bei dieser Tiergattung trifft Ziehen ganz analoge Verhältnisse an wie bei Perameles. Erwähnenswert ist nur das eine Moment, dasz der Goll'sche Kern bei Macropus viel stärker entwickelt ist als bei Perameles, während die Burdachkerne bei beiden Arten gleich grosz sind.

Der Blumenaukern ist in seinem kaudalen Beginne halbmondförmig, breitet sich dann immer mehr aus und verschmilzt schlieszlich mit dem Burdachkern (der von Ziehen spezieller medialer Burdachkern genannt wird).

Bei Phascolarctus (siehe auch 2. Monographie S. 684) ist der Goll'sche Kern besonders stark entwickelt. Er ist auf vielen Niveaus mächtiger als der Burdachkern. Der mediane Kern „ist nur durch einen wenig weit vorspringenden Zipfel der grauen Substanz und ein sehr loses Maschenwerk vertreten". Von dem Blumenaukern läszt sich, wie Ziehen mitteilt, nichts Besonderes vermelden.

Diesen Angaben Ziehen's möchten wir nun auf Grund eigener Beobachtungen noch eines und das andere hinzufügen. Es standen uns für unser Studium Präparate von drei Vertretern der Marsupialier zur Verfügung und zwar von Macropus robustus (Ziehen untersuchte Macropus rufus), Didelphys marsupialis und Hypsiprymnus murinus.

Macropus robustus.

Die Hinterstrangkernpartie dieses Beutlers fällt auf durch die kräftige Entwicklung der Goll'schen Kerne und auch des Blumenaukernes. In den kaudalen Niveaus führt die mächtige Entwicklung der Goll'schen Kerne zu einer typischen Anschwellung, wie wir dies bei keinen andern Tierarten als nur den Beuteltieren wahrnehmen. Aus unseren Zeichnungen (Fig. 69 und 70) ist dies besonders deutlich ersichtlich.

Ein weiterer erwähnenswerter Umstand ist, dasz bei Macropus der Goll'sche Kern — auch noch wenn der Blumenaukern schon eine bedeutende Grösze erreicht hat — noch sehr umfangreich ist und den Burdachkern entschieden übertrifft. Welche Wechselbeziehung offenbart sich nun in diesem Falle wieder zwischen der Entwicklung der Hinterstrangkerne einerseits und dem Bau und der Funktion der Extremitäten (bzw. ihres proximalen oder distalen Teiles) andererseits? Wir haben schon mehrfach darauf hingewiesen, dasz die Entwicklung des Burdachkernes derjenigen der vorderen Extremität parallel geht und dabei wieder im speziellen die Projektion der distalen Extremitätenteile (wie wir bisher nur für die Vordergliedmaszen zeigten) distal auf den

Fig 69.

Fig 70.

Fig. 71.

Hinterstrangkerne von Macropus robustus.

entsprechenden Hinterstrangkern, den Burdachkern, stattfindet (Phoca, Vesperugo, Talpa). So sahen wir z. B., dasz die starke Entwicklung der Grabehand beim Maulwurf zu einer kräftigen Entwicklung der Burdachkerne auf einem ziemlich kaudalen Niveau führte. Entsprechende Beobachtungen bei Macropus lehren uns nun, dasz dieses Tier in Verband mit seinen muskulösen starken Hinterbeinen, namentlich dem kräftigen Oberschenkel, auch einen besonders starken Goll'schen Kern besitzt. (Fig. 70 und 71.) Bezüglich des Blumenaukernes beim Känguruh sei noch auf zwei Besonderheiten hingewiesen; er ist nämlich auffallend schön entwikkelt und seine Zellen sind sehr grosz. Was den letzteren Punkt betrifft, ist freilich der Umstand zu berücksichtigen, dasz bei groszen Tieren durchweg gröszere Zellen angetroffen werden; aber beim Känguruh scheinen diese Blumenauzellen doch besonders grosz. Es drängt sich zur Erklärung dieser Erscheinung denn auch der Eindruck auf, dasz der enorme motorische Apparat der Hinterbeine und derjenige des Schwanzes wie auch der kräftigen unteren Rückenmuskeln, die das Tier befähigen, gewaltige Sprünge (bis zu 10 m) zu machen, ihren anatomischen Ausdruck in der Medulla oblongata und zwar dort in der starken Entwicklung der Goll'schen Kerne finden. Gewöhnlich ruht das Körpergewicht auf den starken langen Hinterbeinen und dem mächtigen musku-

lösen Schwanz wie auf einem Dreifusz. Dank diesem Körperbau ist das Riesenkänguruh der beste Springer der heutigen Tierwelt. Die kurzen Vorderbeine werden beim Springen über die Brust gekreuzt, sodaßz man sie dann nicht sieht. Der lange dicke Schwanz hält den Körper während seiner staunenerregenden Sprünge im Gleichgewicht und verstärkt elastisch federnd die Sprungkraft der zusammengedrückten und wieder hochschnellenden Hinterbeine.

Auch der Nucl. corp. rest. ist beim Känguruh stark entwickelt. (Fig. 71.)

In den meist oralwärts gelegenen Niveaus, in welchen sich die Hinterstrangkerne noch wahrnehmen lassen, sind die Goll- und Burdachkerne schwer zu trennen; sie verschmelzen mehr oder weniger.

Lateralwärts von dem kräftigen Blumenaukern liegt der Wernickekern, der ebenfalls mit groszen Zellen ausgestattet ist, wenn diese auch nicht so grosz sind wie die Blumenauzellen.

Schlieszlich noch ein kurzes Wort über den Schwanzkern beim Känguruh. Ziehen fand ihn ebenso stark entwickelt wie bei Perameles. Das Vorhandensein eines Schwanzkernes beim Känguruh wird auch von Bischoff bestätigt. Die Zellen dieses Kernes (Bischoffkernes) sind beim Känguruh ebenso grosz wie diejenigen der Goll- und Burdachkerne. Bischoff erwähnt auch das Vorkommen von Sulci paramediani bei Macropus.

Didelphys marsupialis (Beutelratte).

Für diesen Repräsentanten ist besonders der lange Greifschwanz bezeichnend; mit ihm kann sich das Tier an Baumästen festhalten und stundenlang in dieser Haltung verharren. Unsere Aufmerksamkeit richtet sich denn auch in erster Linie auf den Bischoffkern, und wirklich treffen wir, wie zu erwarten war, einen gut entwickelten medianen akzessorischen Kern.

Auch der Blumenaukern ist bei Didelphys gut entwickelt.

Hypsiprymnus murinus s. Potorous tridactylus (Känguruhratte).

Der lange Schwanz ist ähnlich wie bei der Ratte, aber platt, teilweise nackt. In den kaudalsten Niveaus findet sich ein typischer Bischoffkern.

Die Goll'schen Kerne erinnern in den distalen Schnitten an die Goll'schen Kerne aller Känguruhs mit derselben typischen Anschwellung. Diese Känguruhart besitzt kurze Hinterbeine, die relativ nicht viel länger als die Vorderbeine sind. Daher sind denn auch die Bewegungen der Känguruhratte ganz andere wie diejenigen von Macropus. Sie hat

nicht den springenden Gang der Känguruhs: vielmehr werden beim Galopp die Vorderbeine ebensogut benutzt wie die Hinterbeine. Das Laufen der Känguruhratte ähnelt mehr demjenigen der Springmaus als dem Laufen des Känguruhs; letzteres springt, die Springmaus dagegen trippelt sehr schnell.

MONOTREMATA.

Echidna hystrix (Ameisenigel).

Ziehen fand bei Echidna keinen Bischoffkern. Der Burdachkern ist in den kaudalsten Schnitten schon angelegt. Der Goll'sche Kern ist hier noch von geringer Bedeutung; wohl aber ist er deutlich paarig.

Mehr oralwärts tritt das Übergewicht des Burdach'schen Kernes stärker zutage; er ist in diesem Niveau aber schon mit dem Goll'schen Kern verschmolzen. Der Blumenaukern besteht aus einem ziemlich groben Netzwerk grauer Masse. Kölliker (64) hat ebenfalls Echidna studiert. Auch er findet den Burdachkern sehr grosz, den Goll'schen Kern dagegen weniger entwickelt. Die Schleife tritt typisch auf und ist bei Echidna kräftiger als beim Schnabeltier (Ornithorhynchus).

Auch bei diesem letzteren konstatierte Kölliker ein Überwiegen des Burdach'schen Kernes über den Goll'schen Kern.

Meine eignen Beobachtungen an Präparaten von Echidna bestätigen die obengenannten Befunde vollkommen. Da Kölliker von einem Vertreter der Monotrematen eine vortreffliche Abbildung von den beiden Hinterstrangkernen gibt (Fig. 15 A, S. 70), glaube ich, mit einer Verweisung auf dieselbe auskommen zu können. Auch von den Goll'schen und Burdach'schen Kernen von Ornithorhynchus bringt er in den Fig. VI und VII eine Abbildung.

Zusammenfassend können wir also sagen, dasz selbst bei den niedrigststehenden Mammaliern sowohl Goll'sche und Burdachkerne als ein Blumenaukern angetroffen werden, und dasz dieselben Bedingungen, durch die eine stärkere Entwicklung eines dieser Kerne bewirkt wird, sowohl für die niedrigst — als für die höchststehenden Mammalier gelten. So ist denn auch noch bei den Monotremen, wenigstens bei den genannten, wo der Burdachkern den Goll'schen Kern an Bedeutung übertrifft, das Übergewicht der Vorderextremität über die Hinterextremität sowohl in Bau als in Lebensweise deutlich erkennbar.

SCHLUSZFOLGERUNGEN BETREFFS DER PHYLOGENESE DER SÄUGETIERE.

An allgemeinen Schluszfolgerungen lassen sich an der Hand unserer Untersuchungen über die Hinterstrangkerne bei den Säugetieren die folgenden aufstellen:

Die Hinterstrangkerne sind bei den niederen Säugern weniger entwickelt als bei den höher stehenden. Sie werden beim Aufwärtsschreiten in der Säugerreihe immer komplizierter von Bau, und die zunehmende Vergrößerung ihrer Oberfläche kommt in Zunahme der Lamellierung und mehr gelapptem Bau zum Ausdruck.

Stark entwickelte Goll'sche Kerne deuten auf stark entwickelte Hintergliedmaszen. Kräftig entwickelte Burdachkerne deuten auf kräftig gebaute Vordergliedmaszen. Bau der Gliedmaszen und Energie ihrer Funktion spiegeln sich im Bau der Hinterstrangkerne wider.

Vermutlich ist der kaudale Teil der Hinterstrangkerne früher angelegt als der orale.

Der Blumenaukern ist phylogenetisch jünger als die Goll- und Burdachkerne.

Der Bischoffkern wird bei geschwänzten Tieren angetroffen und zwar an erster Stelle bei denjenigen Tieren, deren Schwanz als Greifschwanz, Stützschwanz oder als Fortbewegungsmittel (Zetazeen) dient, kurz überall da, wo die tiefe Sensibilität gut entwickelt ist.

B. VÖGEL.

Von den Vogelarten untersuchte ich die folgenden:

Palaeornis eupatria.
Spheniscus demersus.
Pratincola rubicola.
Gallus domesticus.
Catharistes uruber.
Cacatua roseicapilla.
Ara psittacus.
Pavo cristatus.
Casuaris.

In dieser Aufstellung ist keine Rücksicht auf Klassifikation genommen.

Bei den Vögeln ist im allgemeinen der Goll'sche Kern besser entwickelt als der Burdachkern. Ziehen (117) beschreibt den ersteren bei der Ente und dem Schwan als ein „ganz diffuses graues Netz." Bei den übrigen von ihm untersuchten Vögeln, namentlich bei Ibycter, Ardea, Plegadis, Plotus, Athene, Psittacus, Gallus und Rhea wurde auszer den gut entwickelten Goll'schen Kernen in der Medianlinie auch noch

ein unpaariger Kern angetroffen, der Bischoffkern. Am deutlichsten war dieser bei Ibycter, einem ausgezeichneten Flieger, am unbedeutendsten bei der Steineule. Auch bei Gallinula chloropus fand Ziehen zwischen den Goll'schen Kernen einen Schwanzkern. Indessen ist es nach Ziehen's eigener Äuszerung schwer zu entscheiden, ob nicht die vermeintlichen Goll'schen Kerne die Burdachkerne waren und der mediane Kern nicht eine Verschmelzung der Goll'schen Kerne darstellte. Endlich fand Ziehen auch bei Krähen bemerkenswerte Verhältnisse „indem in distalen Ebenen nur ein sehr weit medial gelegener paariger, aber stark asymmetrischer Kern auftritt und zerebralwärts die graue Masse fast das ganze Hinterstranggebiet durchzieht".

Bei den Vögeln ist das Hinterstranggebiet relativ nur klein, wie dies auch aus Brouwer's vergleichender Tafel deutlich hervorgeht.

Der Nucleus cuneatus „ist als Processus cuneatus nur eben als ein Adnex des Hinterhorns angedeutet." Auch mehr zentralwärts findet Ziehen den Burdachkern nur in geringem Masze entwickelt; bei vielen Vogelfamilien ist er überhaupt kaum nachweisbar. Besonders auffallend ist die Tatsache, dasz dies auch für gute Flieger gilt. Die Erklärung hierfür liegt wahrscheinlich in dem Umstande, „dasz das Fliegen eine Prinzipalbewegung ist, bei welcher die kinästhetische Anpassung keine erhebliche Rolle spielt, sondern der Innervationsmechanismus fast ausschlieszlich unter dem Einflusse der vestibulären und der optischen Reize arbeitet" (Ziehen).

In einer Note bemerkt Ziehen, dasz er nach weiteren Untersuchungen glaubt, annehmen zu müssen, dasz der auch bei Sinn in Fig. 5 als Burdachkern angegebene Kern in Wirklichkeit nicht als solcher, sondern als lateraler (also als eigentlicher) Goll'scher Kern aufzufassen ist. Die Ansichten Brandis' (S. 168) scheinen Ziehen in vielen Punkten verkehrt.

Aus den Untersuchungen Friedländer's (35) bei halbseitigen Rückenmarksdurchschneidungen bei Tauben folgt, dasz das Degenerationsfeld des Hinterstranges zerebralwärts immer faserärmer wird. Man musz also wohl annehmen, dasz — im Gegensatz zu den bei Säugetieren vorliegenden Verhältnissen — ein groszer Teil der Hinterstrangfasern schon im Rückenmark in die graue Masse umbiegt. Dadurch würde dann auch die auffallende Kleinheit der Burdach'schen und Goll'schen Stränge bei den Vögeln und also auch die Unbedeutendheit der respektiven Hinterstrangkerne, in denen die langen aufsteigenden Fasern endigen, erklärt werden.

Ehe wir auf unsere eigenen Untersuchungen eingehen, erachten wir es notwendig, eine Übersicht über die Untersuchungen Sinn's zu geben, der einen ausführlichen Beitrag über die Medulla oblongata der Vögel geliefert hat (98).

Wir beschränken uns auf dasjenige aus der Sinn'schen Arbeit, was für unseren Gegenstand von Bedeutung ist. Kurz zusammengefaszt, laufen die Ergebnisse seiner Untersuchungen darauf hinaus, dasz auch er die Burdachkerne bei den Vögeln immer sehr schwach entwickelt und von viel geringerer Bedeutung als die Goll'schen Kerne findet, und dasz der mediane Kern fast ausnahmslos bei den Vögeln angetroffen wird.

In dem Hinterstranggebiete vermeldet Sinn in den mehr oralen Schnitten die Anwesenheit einer bogenförmigen Schicht grauer Masse, die von ihm Promontorium genannt wird. Er sagt hierüber: „An Stelle des Apex ist mehr und mehr eine graue Masse getreten, welche auf der Fig. 2 mit „Pro" bezeichnet ist und die wir Promontorium nennen wollen. Dieses Promontorium streckt sich mehr und mehr in die Länge, sodasz es schlieszlich dem Kopf des Hinterhornes bzw. dem Kern der spinalen Quintuswurzel in voller Ausdehnung parallel läuft. Andeutungsweise findet es sich auch bei manchen Mammaliern." — Die Beziehung zwischen diesem Promontorium, das vor dem spinalen Trigeminuskern liegt, und dem Burdachstrang ist bis heute noch nicht aufgeklärt.

Den Blumenaukern findet Sinn fast bei allen Vögeln oder wenigstens er meint ihn fast überall zu finden. Oft aber ist dieser Kern nur schwer von dem medialen Teile des Promontoriums zu unterscheiden. Der mediale Kern ist gar häufig in den distalen Schnitten mit den beiden Goll'schen Kernen zu einem schwer zu trennenden Ganzen verschmolzen.

Bei der Ente und dem Schwan vermag Sinn keinen medianen Kern zu entdecken; doch besitzen beide Tiere auch absolut kein Septum med. post. Bei den übrigen von ihm untersuchten Vögeln glaubt er den medianen Kern sehr deutlich feststellen zu können; am besten ist dieser Kern bei Ibycter (s. Chimango) entwickelt, am wenigsten bei Athene noctua. Bei letzterer ist das zentrale Grau in der Medianlinie nur zu einer Spitze ausgezogen. Weder Sinn noch Ziehen geben übrigens eine Beschreibung des medianen Kernes beim Pfau. Bei Rhea ist der mediane Kern netzförmig.

Von dem medianen Kern bei Rhea und Anghina sagt Sinn, dasz derselbe als „ein Keil von ansehnlicher Breite" zwischen die beiden Goll'schen Kerne eingeschoben ist, und gleichzeitig bietet er in seinen Figuren 1 und 2 photographische Reproduktionen hiervon dar. Letztere sind indessen nicht deutlich und dadurch nicht sehr überzeugend.

Auf die bemerkenswerten Ausführungen Brandis' (9) gehen wir hier nicht näher ein, da dieselben für unsere Untersuchungen nur von untergeordneter Bedeutung sind; nur vollständigkeitshalber sei der hieran interessierte Leser auf ihn verwiesen.

Wir werden unsererseits nunmehr die Frage zu beantworten suchen, ob bei Laufvögeln der Goll'sche Kern besser entwickelt ist als bei Fliegvögeln und das entsprechende Gegenstück dieser Frage: ob bei den Fliegvögeln entweder der Burdachkern oder der Blumenaukern besser entwickelt ist als der Goll'sche Kern. Die erste und zwar gleich sehr grosze Schwierigkeit, die sich der Lösung dieser beiden Fragen nun aber in den Weg stellt, besteht in dem Umstande, dasz die Goll'schen und die Burdach'schen Kerne so gar oft schwer auseinanderzuhalten sind.

Die Reihe eigener Untersuchungen werde mit der Beschreibung eines Repräsentanten eröffnet, von welchem mir zwei frontal geschnittene Serien, eine recht gute Weigert-Pal-Serie und eine v. Gieson-Serie zur Verfügung standen:

Palaeornis eupatria.

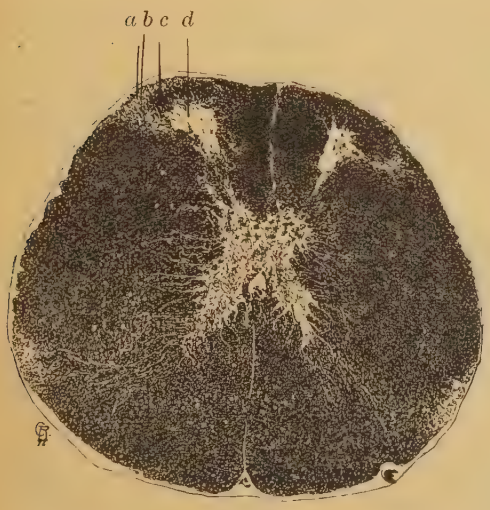


Fig. 72.

Hinterhörner unmittelbar kaudal von den Hinterstrangkernen bei Palaeornis eupatria. (I)

a = Lissauer'sche Randzone.
b = Promontorium.
c = Faserschicht.
d = Hinterhorn.

In den distalsten uns zur Verfügung stehenden Schnitten (siehe Fig. 72) finden wir keinen Sulcus med. post.; ebensowenig läszt sich hier ein Bischoffkern oder ein Analogon von ihm nachweisen. Wohl aber bemerkt man hier ein Gliaseptum, das die Hinterstranghörner scheidet. Auffallend ist die ziemlich grosze dorsoventrale Ausdehnung. Während bei den niedrigststehenden Säugern die graue Masse eine relativ kleine Oberfläche einnimmt im Vergleich zur weiszen Masse, zeigt sich hier das umgekehrte Verhältnis.

Was die weisze Masse betrifft, sind die Hinterstränge im Verhältnis viel kleiner als die Vorder- und Seitenstränge, wie dies in nebenstehender Figur deutlich

zu erkennen ist. Ferner bemerken wir, dasz die Hinterstränge fast abgeschnürt sind; von einer Pyramidenkreuzung ist keine Rede. Die spinalen Bahnen werden bei Vögeln eigentlich nicht angetroffen. Oberhalb der Hinterhörner bemerken wir in den Zellpräparaten eine viel weniger intensiv gefärbte, eigentümlich angeordnete Schicht grauer Masse; dies nun ist derjenige Teil, der von Sinn mit dem Namen Promontorium bezeichnet wird. Wir sehen, dasz dieses Promontorium die Hinterhörner völlig umgibt; nur medial wird die graue Masse stark von längsverlaufenden Faserbündeln durchbrochen, sodasz es auf den ersten Blick scheint, als ob sich an der medialen Seite ein Hilus befinde, m. a. W. als ob das Promontorium nach medialwärts offen sei; jedoch zeigt sich bei eingehender Betrachtung, dasz das Promontorium die Hinterhörner dennoch vollkommen umschlieszt. Nur ist seine Struktur lateral und proximal von den Hinterhörnern viel dichter als medial von ihnen, wo es einen mehr lockeren Bau hat.

Über die Bedeutung des Promontoriums ist, wie gesagt, nichts bekannt. Sinn warf die Frage auf, ob es wohl etwas mit dem Blumenaukern zu schaffen habe. Ich glaube, dasz dies nicht wahrscheinlich ist. Schon aus rein morphologischen Gründen meine ich einen Zusammenhang zwischen beiden Gebilden bestreiten zu müssen, fanden wir doch das Promontorium schon auf Niveaus auftreten, wo noch nicht einmal der Goll'sche Kern in seinen distalen Anfängen zu finden war, geschweige denn der Blumenaukern, der viel mehr oralwärts erscheint. Wenn man die Serie hintereinander betrachtet, kann man sich denn auch nicht dem Eindruck entziehen, dasz das Promontorium nichts mit den Hinterstrangkernen zu machen hat, wohl aber mit dem Hinterhorn, dessen Kappe es bildet. Der genetische Zusammenhang des Promontoriums und des Hinterhornes scheint mir, wenn ich die v. Gieson-Präparate von Palaeornis betrachte, zweifellos.

Die Hinterstränge, die sich in den mehr distalen Schnitten nach ventral, nach der hinteren grauen Kommissur hin verschmälern, sodasz sie von dorsal aus keilförmig zwischen die Hinterhörner getrieben werden, erhalten in etwas mehr oralen Niveaus eine mehr quadratische Form mit runden Ecken, wie Fig. 73 zeigt.

Wir bemerken auf dem Hinterhorn ebenso wie bei Säugetieren die Subst. gelat. Rolandi, die nach auszen durch die Lissauer'sche Randzone abgeschlossen wird. Diese letztere besteht aus einem sehr dünnen Schichtchen weiszer Masse, das, da es die letzte periphere Schicht darstellt, also der Pia fest anliegt (*a*). Hierauf folgt die Zellschicht des Promontoriums mit einer sehr feinen netzförmigen Struktur. Lateral ist die Aufeinanderhäufung der Zellen viel dichter (*b*); jedoch ist diese Zellschicht, wie ich schon mitteilte, rings um das Hinterhorn angelegt.

Fig. 73.
Hinterstrangkerne von Palaeornis eupatria (II).
M = Medianer Kern.
G = Goll'scher Kern.
Q = Quintus.
F = Faserschicht.

Die mediale Seite ist jedoch viel weniger zellenreich, sodasz es sogar zu Anfang scheint, als ob die Kappe nur dorsal und lateral besteht. Auf diese äuszerste Zellschicht der Subst. gelat. Rolandi folgt eine Faserschicht, die sich durch nur wenige Zellen kennzeichnet (*c*) und schlieszlich das eigentliche Hinterhorn (*d*). (Siehe Fig. 73).

Ziehen (117) schrieb von dem Promontorium: „Unaufgeklärt ist bis jetzt noch die Beziehung des von Sinn beschriebenen Promontoriums, das dem Kern der spinalen Trigeminuswurzel vorgelagert ist, zu dem äuszeren Burdach'schen Kern." (Ziehen. Mikrosk. Anatomie, Teil II. S. 303). Man musz jedoch nicht aus dem Auge verlieren, dasz Sinn allein Weigert-Pal-Färbungen benutzte, aber keine Zellfärbungen, auszer einer Nissl-Serie von einer Henne. Aus meiner oben gegebenen Beschreibung glaube ich folgern zu müssen, dasz das Promontorium nicht nur die spinale Trigeminuswurzel umgibt, wie Ziehen meint, sondern auch das eigentliche Hinterhorn. Es zeigt sich, dasz das Promontorium nichts mit dem Blumenaukern zu machen hat, indem dieser nämlich auf viel distaleren Niveaus angetroffen wird; vielmehr stellt es die äuszerste Zellschicht der Subst. gelatin. Rolandi dar. Diese äuszerste Zellschicht ist also eigentlich identisch mit der Waldeyer'schen Zona marginalis, welche die laterale Begrenzung der Substant. gelat. bildet.

Kehren wir nunmehr zu der Beschreibung des mehr dorsalen Teiles der Hinterstränge zurück und betrachten wir dabei wieder Fig. 73, dann fällt uns in diesem noch durch das obere Halsmark gehenden Schnitte auf, dasz von einer eigentlichen Fissura long. post. keine Rede ist. Wohl ist ein Gliaseptum vorhanden, das die Hinterstränge in einen linken und einen rechten Teil scheidet. In der ziemlich dicken Pia, die das Vogelrückenmark umgibt, bemerken wir rechts und links an beiden Seiten der Mittellinie ungefähr da, wo man sich die Burdach'schen und die Goll'schen Stränge getrennt denken kann, ein dort dorsalwärts in die Länge verlaufendes Blutgefäsz. Zwischen den Burdach- und den Gollsträngen ist keine Trennung sichtbar, sodasz wir allein von Hintersträngen sprechen können.

Die dorsale graue Kommissur ist in der Medianlinie in eine dorsalwärts gerichtete Spitze ausgezogen. Diese mehr oder weniger dreieckige Ausstülpung grauer Masse betrachtet Sinn als den medianen Kern; den experimentellen Beweis hierfür ist er jedoch schuldig geblieben. Für Sinn's Auffassung spricht freilich unserer Meinung nach wieder der Umstand, dasz dieses von ihm für den medianen Kern gehaltene Gebilde am meisten distalwärts und obendrein median liegt und dasz es unpaarig ist. Trotzdem müssen wir die Aufmerksamkeit auf die Tatsache lenken, dasz zwischen diesem Gebilde bei den Vögeln und dem Schwanzkern der Säuger dennoch ein Unterschied besteht. Der Schwanzkern der letzteren tritt meistens mehr dorsal auf als der Goll'sche Kern; bei den Vögeln dagegen ist es eine dorsale Ausstülpung der dorsalen grauen Kommissur. Die Übereinstimmung mit dem medianen Kern; der Säuger liegt in dem Momente der Unpaarigkeit und in der Art seiner Lage, nämlich median und auf kaudalem Niveau, meistens da, wo der Sulcus med. post. fehlt.

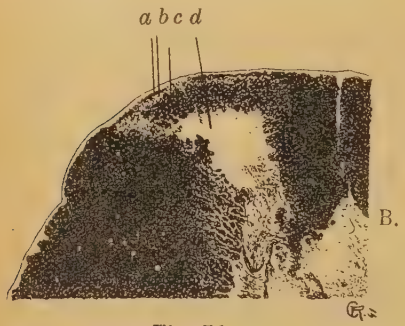


Fig. 74.
Hinterstranghörner von Palaeornis eupatria (III).
In der Mittellinie sieht man (bei B) den medianen Kern.
a = Lissauer'sche Randzone.
b = Promontorium.
c = Faserschicht.
d = Hinterhorn.
B. medianer Kern.

Die nebenstehende Fig. 74 läszt weiter erkennen, dasz sich in ersten Anfängen ein Hinterstrangkern zwischen Hinterhorn und dem medianen Kern entwickelt.

Mehr oralwärts sehen wir die Hinterstränge allmählich verschwinden; das Promontorium verbreitert sich stark nach medialwärts, sodasz sich die Stränge an beiden Seiten fast der Medianlinie nähern. Der meist dorsale Teil der Hinterstränge wird dadurch mit kleinen Zellen infiltriert. Der hier in seinen Anfängen auftretende Kern (zwischen Hinterhorn und medianem Kern) ist als der Goll'sche Kern aufzufassen. Dieser von Bau lose Kern wird von längsverlaufenden Fasern durchbohrt, sodasz er ein netzförmiges Aussehen bekommt und im Querschnitt eine unregelmäszige Form zeigt.

Je weiter wir aber oralwärts schreiten, desto mehr stülpen sich diese Kerne nach dem dorsalen Rande aus (Fig. 73).

Wenn noch etwas mehr oralwärts die Goll'schen Kerne die Dorsalseite ganz erreicht haben, ist von einem eigentlichen Burdachkern nie etwas zu finden gewesen. Wir sehen hier dann bogenförmige Fasern von den Goll'schen Kernen aus in der Richtung nach der Olive ver-

laufen. Über die Fibrae arc. int. und die Bildung des Lemniscus werde ich mich hier nicht weiter verbreiten; vielmehr sei diesbezüglich auf die betreffende Arbeit Sinn's verwiesen.

Von grösseren Zellen, die man als Blumenauzellen hätte ansprechen können, ist im lateralen Teile der Hinterstränge nichts zu bemerken; wie ich auch auf höher gelegenen Niveaus keinen Blumenaukern bei Palaeornis zu entdecken vermochte.

Noch weiter zerebralwärts verschmelzen die Goll'schen und die primitiven Burdachkerne zu einem grossen dorsalen Kern, der an der Raphe schmal ist, dann im Querschnitt birnförmig zunimmt und schliesslich wieder spitz zuläuft. Nunmehr geht der Zentralkanal in den vierten Ventrikel über, der sich schnell verbreitert.

Wenn ich jetzt noch einmal die wesentlichsten Resultate meiner Untersuchungen über Palaeornis zusammenfasse, dann sind es diese, dasz bei Palaeornis ein medianer Kern, ein gut entwickelter Goll'scher Kern und ein viel weniger entwickelter Burdachkern vorkommen, dasz aber ein Blumenaukern fehlt.

Wie Sinn ohne Zellpräparate einen Blumenaukern bei dieser Vogelart feststellen konnte, ist mir nicht deutlich. Meine Ansichten weichen denn auch in mehr als einem Punkte von denjenigen Sinn's ab. Nicht nur, dasz ich die Existenz eines Nucleus cuneatus externus nicht bestätigen kann; auch Sinn's Ansicht über die Bedeutung des Promontoriums vermag ich, wie ich schon darlegte, nicht zu teilen. Ebenso ist m. E. der Ausdruck zu stark, dasz der Nucl. Burdachi bei Vögeln meistens ganz fehle. Richtiger wäre es wohl, zu sagen, dasz der Nucl. Goll viel besser entwickelt ist; aber von einem völligen Fehlen des Burdachkernes kann meiner Meinung nach nicht gesprochen werden.

Von einem mehr oder weniger rosenkranzartigen Bau des medianen Kernes habe ich bei den von mir studierten Vögeln ebensowenig wie Sinn bei seinem Untersuchungsmaterial irgend etwas entdecken können. (Bischoff hatte einen derartigen Bau für den Schwanzkern beim Hunde, bei der Katze und bei Hapale beschrieben).

Spheniscus demersus.

Es standen mir hiervon frontal geschnittene Weigert—Pal- und v. Gieson-Schnitte zur Verfügung.

Die nebenstehende Zeichnung stellt einen Querschnitt durch das Hinterstrangkerngebiet von Colymbus dar.

In den kaudalsten Schnitten sehen wir einen zwar unbedeutenden aber noch unverkennbaren medianen Kern, der unpaarig ist. In den Hintersträngen treten beiderseits von der Medianlinie kleine, in der

Mitte der Hinterstränge liegende Zellgruppen auf. Mehr oralwärts erscheinen immer mehr Zellen in den Hintersträngen, ohne dasz von deutlich scharf umschriebenen Kernen gesprochen werden darf. In den v. Giesonpräparaten sind die Zellen von kleinem Typus.

Fig. 75.
Hinterstrangkerne von Colymbus.

Etwas mehr oral sehen wir deutlich, dasz ein Sulcus long. post. fehlt. In den Hintersträngen treten von dorsal aus einige Gliasepten auf, die sich nicht weiter fortsetzen.

Noch etwas weiter zerebralwärts liegen die Zellen dicht beieinander, sodasz von einem Kern gesprochen werden kann. Bei demselben ist noch wieder ein unpaariger medianer Teil von den an beiden Seiten liegenden diffusen eigentlichen Hintersträngen zu unterscheiden. In der Commissura anterior beobachten wir starke kreuzende, offenbar aus den Vorderhörnern stammende Fasern.

Noch wieder mehr oralwärts sehen wir den dorsalen Teil der Hinterstränge noch völlig zellenfrei. Ihr ventraler Teil ist fast ganz mit einem Netzwerk von Zellen angefüllt, welche noch viele längsverlaufende Fasern zwischen sich einschlieszen, wodurch der diffuse und unregelmäszige Aspekt hervorgerufen wird.

Schlieszlich ist auf dem oralsten der untersuchten Niveaus das beschriebene Bild noch etwas deutlicher geworden. Nun wird aber der dorsale Teil der Hinterstränge auch von kleinen Zellen derartig imprägniert, dasz die Hinterstränge selbst ganz verschwinden.

Es ist schwer, von einem gesonderten Goll'schen und Burdach'schen Kern zu sprechen.

Auch bei Spheniscus demersus konnte ich keinen Blumenaukern finden.

Pratincola rubicola.

In den Querschnitten der kaudalen Niveaus läszt sich ein deutlicher Schwanzkern nachweisen. Ein Sulcus long. post. fehlt. Die Hinterstrangkerne weisen mehr oralwärts zwar eine mehr mediane Partie auf, die — von der dorsalen Kommissur ausgehend — etwas schärfer abgetrennt erscheint; aber im übrigen ist auch hier wieder das Bild der Hinterstrangkerne zu diffus, um in ihm bestimmte Kerne von einander unterscheiden zu können.

Ein Blumenaukern (Nucleus magnocellularis, s. cuneatus ext.) kommt nicht vor.

Gallus domesticus (Nissl-Präparat).

Beim Huhn glaube ich auf Grund meines Studiums dieser Serie einen Blumenaukern annehmen zu müssen, da ich nämlich an der für diesen Kern charakteristischen Stelle grosze Zellen antraf.

Übrigens ist nichts Besonderes zu bemerken; die Hinterstrangkerne unterscheiden sich nicht von den bei andern Vögeln beschriebenen.

Catharistes uruber.

Ebenso wie bei Gallus meine ich bei Catharistes einen Blumenaukern annehmen zu müssen: sowohl in den Weigert-Pal- als in den v. Gieson-Präparaten glaube ich denselben deutlich zu erkennen. Und zwar ziehe ich den Schlusz, hier mit einem echten Blumenaukern zu tun zu haben, auf Grund der Lage in den Serienschnitten, der Grösze der Zellen und endlich in Verband mit dem kaudalen Ende der absteigenden Vestibulariswurzel. Wie viel schwerer es allerdings ist, die in den Hintersträngen auftretenden kernartigen Gebilde bei den Vögeln zu bestimmen als bei den Säugern, ist schon oben erwähnt; dies gilt auch bezüglich des Blumenaukernes.

Fig. 76.
Schwanzkern (*a*) von Cacatua.

Von Cacatua roseicapilla, dem nächsten von uns untersuchten Repräsentanten, geben wir allein einen schönen Schwanzkern in nebenstehender Abbildung wieder. Von den anderen Kernen ist nichts Besonderes zu vermelden.

Ara psittacus.

Obwohl bei diesem Vogel ein sehr groszer Schwanz vorhanden ist, habe ich keinen Schwanzkern finden können. Auch bei Ara liegt der kaudale Anfang des Burdachkernes niedriger als derjenige des Goll'schen Kernes. Aus dem Grau der Hinterhörner sehen wir einen Processus cuneatus entspringen. Etwas mehr oralwärts entsteht auch der erste Anfang des Goll'schen Kernes. Noch wieder weiter oralwärts sehen wir das Gebiet der Hinterstränge schon von den Hinterstrangkernen eingenommen, die hier bereits zur Hauptsache verschmolzen sind. Abermals mehr oralwärts ist nur noch ein dorsaler Rand der Hinter-

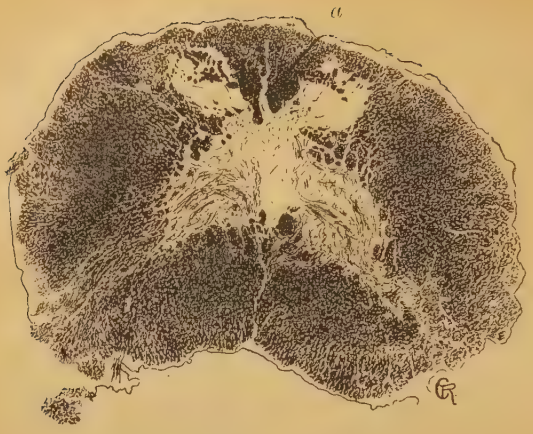


Fig. 77.
Schwanzkern (a) von Pavo.

Fig. 78.
Hinterstrangkern von Casuaris.
(Groszer Goll'scher Kern, in eine Spitze auslaufend).
NG = Goll'scher Kern.
Q = Quintus.

stränge vorhanden. Die Goll'schen Kerne haben die Medianlinie erreicht und liegen dort mit der medialen Fläche gegeneinander. In den am weitesten oral gelegenen Schnitten ist die sensible Kreuzung sehr schön sichtbar.

Von dem letzten der von mir untersuchten Repräsentanten, Pavo cristatus, gebe ich nur eine Abbildung (77), welche den kräftig entwickelten Schwanzkern (*a*) dieses Vogels erkennen läszt.

Ich schliesze diesen die Vögel behandelnden Teil meiner Arbeit mit einer Abbildung vom Kasuar, um den für die Laufvögel charakteristischen groszen Goll'schen Kern zu zeigen.

Stellen wir zum Schlusse unsere in den vorstehenden kurzen Ausführungen niedergelegten Befunde über die Hinterstrangkerne bei den Vögeln noch einmal zusammen, so ergibt sich Folgendes:

Palaeornis:	Ein Goll'scher Kern. Nur ein primitiver Burdachkern. Kein Blumenaukern. Ein Schwanzkern.
Spheniscus demersus:	Kein Blumenaukern. Ein Schwanzkern.
Pratincola rubicola:	Hinterstrangkerne bilden ein diffuses Ganzes. Es ist kein gesonderter Blumenaukern erkennbar.
Gallus domesticus:	Scheint ein Homologon des Blumenaukernes zu haben.

Catharistes uruber:	Derselbe Befund wie bei Gallus.
Cacatua roseicapilla:	Ein Schwanzkern.
Ara psittacus:	Kein Schwanzkern (trotz des groszen Schwanzes).
Pavo cristatus:	Groszer Schwanzkern (wohl infolge des bewuszt gebrauchten Spreizapparates).

SCHLUSZFOLGERUNGEN BEZÜGLICH DER HINTERSTRANGKERNE DER VÖGEL.

Die Hinterstrangkerne sind bei den Vögeln von viel geringerer Bedeutung als bei den Säugetieren; sie sind durchaus nicht in demselben Grade entwickelt.

In den meisten Fällen sind die im Einzelfalle auftretenden Gebilde bei den Vögeln schwer als bestimmte Kerne zu definieren, einesteils wegen ihrer nicht seltenen teilweisen oder gar völligen Verschmelzung untereinander, andererseits wegen ihrer nicht stabilen und schwer zu fixierenden Lage.

Der Goll'sche Kern ist bei einigen Vögeln noch relativ deutlich zu erkennen. Besonders kräftig entwickelt ist er bei Laufvögeln.

Der Burdachkern trägt bei den Vögeln im allgemeinen einen durchweg rudimentären Charakter (viel mehr als der Goll'sche Kern).

Der Blumenaukern fehlt in den meisten Fällen.

Der mediane Kern (Schwanzkern) kommt bei einigen Vögeln vor, bei andern wieder nicht.

C. REPTILIEN.

Brouwer sagt in seiner Dermatomeriestudie (S. 243): „Bei den Reptilien wird die Sache schwieriger, weil das Areal, wo diese Hinterstrangkerne gesucht werden müssen, ein sehr verwickeltes ist und weil Degenerationsversuche bei diesen Tieren nicht vorliegen. Immerhin macht die Übereinstimmung im Bau dieses Grenzgebietes mit demjenigen der Vögel es meines Erachtens durchaus wahrscheinlich, dasz auch hier Hinterstrangkerne unterschieden werden müssen. Diese Schluszfolgerung habe ich aufgestellt nach Studierung der Schnittserien von Varanus, Python, Chelone midas, Chamaeleo vulgaris und Lacerta. Am schwierigsten waren deutliche Ausstülpungen der grauen Substanz in die Hinterstränge bei Lacerta festzustellen". Ich habe dieselben Serien studiert und gelange zu denselben Schlüssen wie Brouwer.

Python reticulatus.

Ich untersuchte frontal geschnittene Weigert-Pal- und v. Gieson-Präparate.

In den meist kaudalen Teilen der Medulla oblongata finden wir einen deutlichen medianen Kern.

Fig. 79.
Hinterstrangkerne von Python reticulatus.
m = medianer Kern.
G = Goll'scher Kern.

Etwas mehr oralwärts bemerken wir, dasz neben diesem medianen Kern, den wir hier auch als Schwanzkern betrachten können, zwei kleine Kerne zur Entwicklung kommen. In der dorsalen Kommissur sehen wir eine ventrale Kreuzung, an welche die Hinterstrangkerne ihre Fasern abzugeben scheinen.

Noch weiter oralwärts ist das Entspringen von Fasern aus den Hintersträngen noch deutlicher wahrzunehmen. Teile grauer Masse, die in dieser Gegend gefunden werden, nehmen keinen deutlichen Typus eines Goll'schen Kernes an. Neben dem medianen Kern hat das Hinterhorn Teilchen grauer Masse ausgestülpt. Diese ähneln mehr einer allgemeinen diffusen Eindringung grauer Masse in den medialen Teil der Hinterstränge als echten Hinterstrangkernen. Etwas mehr oralwärts tritt dies noch deutlicher hervor.

In nächst oraleren Schnitten beginnt das Grau um den Zentralkanal sich noch mehr dorsal zu lagern. Der laterale Teil der Hinterstrangkerne ist noch intakt und fährt fort, Fasern abzugeben, die in die Hinterhörner eindringen.

Weiter oralwärts hat das Grau des Zentralkanales den dorsalen Rand erreicht; dadurch ist auch der Rest der Hinterhörner mehr dorsal gedrängt. Medial sind infolgedessen die Hinterstränge beinahe ganz verschwunden; lateral dagegen sind sie noch nahezu intakt. Der spaltenförmige Zentralkanal weist sowohl dorsal als auch ventral eine Erweiterung auf.

Abermals mehr oralwärts ist der Zentralkanal geöffnet; er wird nur noch von der Pia bedeckt. Danach werden die Reste der Hinterstränge allmählich kleiner. Der laterale Teil der Hinterstränge bleibt noch ein relativ breites Band.

Bezüglich der Goll'schen Kerne sagt Ziehen (Teil II S. 307): „Bei den Schlangen ist der mediane Goll'sche Kern streckenweise gut ausgeprägt, die lateralen dagegen sind verkümmert". Unsere eigenen

Befunde, die wir mit Zeichnungen illustrieren können, bestätigen die Angabe Ziehen's; jedoch ist meiner Ansicht nach die vorerwähnte graue Masse, die sich neben dem medianen Kern ausstülpt, als ein primitiver Goll'scher Kern aufzufassen.

Crocodilus porosus.

Auch beim Krokodil finden wir ebenso wie bei Python einen unpaarigen medianen Kern (*m*). Dieser tritt schon im oberen Zervikalmark auf. Etwas oralwärts von dem Winkel, den das Hinterhorn mit der Dorsalgrenze der Commissura posterior bildet, sehen wir zwei kleine Häufchen grauer Masse wie zwei beginnende Kerne in die Hinterstrangkerne eindringen. Diese Ausstülpungen grauer Masse nähern sich oralwärts mehr und mehr dem medianen Kern, bis sie — wie dies in mehr oral gelegenen Schnitten ersichtlich ist — zusammen mit dem medianen Kern gleichsam einen einzigen Hinterstrangkern bilden, in welchem freilich noch stets ein medianer Kern von den lateralen Kernen zu unterscheiden ist. Mehr oralwärts findet dann aber tatsächlich eine völlige Verschmelzung des medialen Kernes mit den lateralen Kernen statt.

Fig. 80.
Hinterstrangkerngebiet von Crocodilus porosus (I).
m = medianer Kern.

Fig. 81.
Hinterstrangkerngebiet von Crocodilus porosus (II).
m = medianer Kern.
a = Erste Anfänge des Burdachkernes.

Auf demnächst höheren Niveaus schiebt sich zwischen den medianen und den lateralen Kern ein Häufchen grauer Masse ein, das wir offenbar als einen beginnenden Goll'schen Kern ansehen müssen, denn wenn

wir die Serie etwas mehr oralwärts betrachten, dann sehen wir nach Öffnung des Zentralkanales an jeder Seite desselben je einen Goll'schen und einen Burdach'schen Kern liegen. Aus der Betrachtung der aufeinanderfolgenden Schnitte geht dann hervor, dasz die erstgenannten,

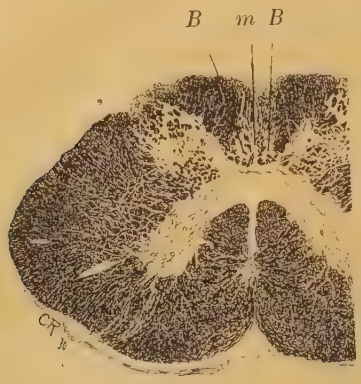


Fig. 82.

Hinterstrangkerngebiet von Crocodilus porosus (III).
m = medianer Kern.
B = Burdachkern.

Fig. 83.

Hinterstrangkerngebiet von Crocodilus porosus (IV).
m = medianer Kern.
B = Burdachkern.

Fig. 84.

Hinterstranggebiet von Crocodilus porosus (V).
G = Goll'scher Kern.
B = Burdach'scher Kern.
T = Trigeminus.

Fig. 85.

Hinterstrangkerngebiet von Crododilus porosus (VI).
G = Gollkern.
B = Burdachkern.
T = Trigeminus.

am meisten kaudalwärts beginnenden Kerne neben dem medianen Kern als beginnende Burdachkerne anzusprechen sind und somit die andern Kerne Gollkerne sein müssen.

Etwas mehr oral erblicken wir medial von den Burdachkernen den kaudalen Anfang der Goll'schen Kerne. Eigentlich bilden die Hinterstrangkerne hier eine verschmolzene Einheit, in der nur noch mit Mühe — und dann allein an der lückenlos fortlaufenden Reihe von Schnitten — ein medialer Teil von einem lateralen Teile zu unterscheiden ist. In Fig. 84 ist dies schon deutlich geworden.

In den allermeist oral gelegenen Schnitten unserer Serie (Fig. 85) sehen wir schlieszlich die Fibrae arc. int. die Schleife aufbauen.

Fassen wir nun das Ergebnis unserer Untersuchungen an der Krokodil-Serie zusammen, dann können wir sagen, dasz beim Krokodil sowohl ein Burdach'scher als ein Goll'scher Kern vorkommt, dasz aber — im Gegensatze zu unseren Befunden bei höheren Tieren — der Burdachkern auf einem niedrigeren Niveau beginnt als der Gollkern. Von einem Übergewicht des einen Kernes über den anderen, was Grösze oder Volumen betrifft, ist nichts zu bemerken. Dies war in Hinblick auf den gleichwertigen Bau und die gleiche Funktion der vorderen und der hinteren Gliedmaszen auch nicht anders zu erwarten.

Varanus salvator.

Auf einem niedrigen Niveau ist auch bei diesem Repräsentanten ein medianer Kern (Schwanzkern) anzutreffen. Allmählich geht derselbe in die Goll'schen Kerne über. Auch (— sogar relativ gut entwickelte —) Burdachkerne sind nachweisbar, die ebenso wie beim Krokodil auf einem niedrigeren Niveau als die Goll'schen Kerne angelegt sind. Die Anlage der Burdachkerne ist schon erkennbar, wenn der mediane Kern noch deutlich zu sehen ist (Fig. 86). Danach erst verbreitert sich der Schwanzkern nach und nach und geht dieser mediane unpaarige Kern in den paarigen Goll'schen Kern über. An einigen Stellen ist der Schwanzkern zwischen den beiden Goll'schen Kernen noch deutlich sichtbar (Fig. 87). In Fig. 88 ist der Schwanzkern verschwunden und findet man statt seiner die beiden paarigen Hinterstrangkerne.

Fig. 86.
Hinterstrangkerne von Varanus (1).
m = med. Kern.
B = Burdachkern.

Von einem Homologon eines Blumenaukernes habe ich bei Reptilien nichts entdecken können.

Zum Schlusse bringen wir noch eine Abbildung vom Hinterstranggebiet bei Chelone midas.

S. de Lange hat in den Folia Neurobiologica (1916) Untersuchungen über das Zentralnervensystem von Reptilien publiziert, die auch für unsere Untersuchung des Interesses nicht entbehren. So findet er z. B. auch die von mir bei Python beschriebenen Fasern, die aus dem Hin-

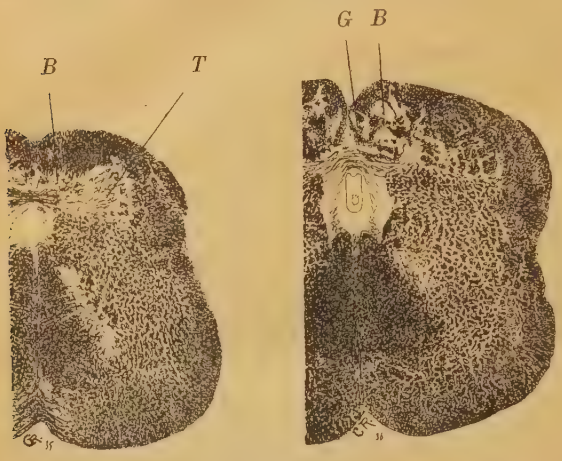


Fig. 87 und 88.
Hinterstrangkerne von Varanus (II u. III).
B = Burdachkern. *T* = Trigeminus.
G = Goll'scher Kern.

Fig. 89.
Hinterstrangkerne von Chelone midas.
G = Gollkern.
B = Burdachkern.

terstrangareal nach dem Vorderhorn verlaufen. Er schreibt: „Es ist klar, dasz man auch bei Messungen der Hinterstrangareale dieser Tiere im Vergleich zu denjenigen der Säuger damit Rechnung halten musz, dasz bei den letztgenannten alle Fasern oder jedenfalls alle Hinterwurzelfasern im Hinterstrang oder in der Zona marginalis verlaufen. Die bei den Reptilien in dem Hinterstrangareal selber verlaufenden medialen Bündel bilden auf- und absteigende Bahnen, welche Kollateralen an die Basis und den Körper des Hinterhorns abgeben."

Die Hinterstränge bei Reptilien sind noch ziemlich grosz. So findet de Lange bei Messungen, dasz die Hinterstränge im Lumbalmark von Dammonia subtrynga 15,9 % der Gesamtmenge weiszer Masse ausmachen. In der Anschwellung des Zervikalmarkes beträgt diese Zahl 16,2 %. Es findet also von kaudal nach oral eine Akkumulation von Fasern statt, wenn auch diese Zunahme nur eine geringe ist. Diese Erscheinung vermag gleichsam die Brücke zu bilden zu dem auch von de Lange gemachten Befunde, dasz bei Reptilien zuerst echte Hinterstrangkerne vorkommen. Er sagt: „dasz bei den Reptilien zuerst wirkliche Hinterstrangkerne auftreten, Kerne von Goll und Burdach, von welchen eine Projektion des tieferen Sinnes und der feineren Diskrimination auf den Thalamus stattfindet, der wieder zuerst bei den Reptilien sogenannte neothalamische Kerne aufweist, d. h. Kerne, welche

die Rückenmarksensibilität auf das Vorderhirn (in casu das Striatum) projizieren."

Das Rückenmark der Reptilien steht denn auch bedeutend höher als dasjenige niederer Tiere, indem neben den schon bei diesen vorhandenen spinozerebellären Bahnen und der anterolateralen Projektion des Temperatur-, Schmerz- und einfachen (vitalen) Tastsinnes bei den Reptilien „auch die Zephalisation der Hinterstränge, welche — darauf deutet vieles hin — den Tiefensinn und die feinere Diskrimination leiten," (Head c. s. Brouwer), angefangen hat.

In Zusammenhang mit diesem Umstande ist es von Bedeutung — und de Lange unterläszt nicht, hierauf hinzuweisen — dasz gerade bei den Reptilien die weitere Bildung feinerer sensibler peripherer Endorgane stattfindet. Während wir nämlich bei den anuren Amphibien, neben den auch bei Fischen so zahlreichen freien Nervenendigungen nur einige noch ziemlich einfach gebaute Tastflecke als erste Stufe eines mehr zusammengesetzten Endorganes (Tastkörperchen) antreffen, findet man diese bei den Reptilien viel mehr verbreitet; sie kommen auf der Körperhaut vor und finden sich systematisch auf den Schuppen der Schlangen und Krokodile angeordnet. Bei den Reptilien treten zuerst die Vater-Pacini'schen Körperchen auf, von denen man u. a. auf Grund ihrer tiefen Lage in der Epidermis und auch in den Gelenkbändern, den Muskeln und den Mesenteria erwarten darf, dasz sie proprioreze ptive Eindrücke perzipieren.

De Lange weist darauf hin, dasz sich bei den verschiedenen Ordnungen der Reptilien (Schlangen, Krokodile, Eidechsen, Schildkröten) ziemlich grosze Unterschiede im Aufbau der viszerosensiblen Systeme finden. Ferner bemerken wir auch an der Medulla oblongata und insbesondere in dem uns speziell interessierenden Gebiet der Hinterstrangkerne recht erhebliche Unterschiede. Fassen wir nun noch einmal kurz die von andern und von uns bei Reptilien gemachten Befunde zusammen, so ergibt sich Folgendes:

Python hat einen sehr primitiven Gollkern und gar keinen Burdachkern — welche Sachlage ganz dem Fehlen der Gliedmaszen entspricht —, auch keinen Blumenaukern, wohl aber einen Schwanzkern.

Crocodilus dagegen hat — entsprechend dem Vorhandensein von gleichwertigen vorderen und hinteren Gliedmaszen — einen Burdachkern und einen Gollkern; auszerdem einen deutlichen medianen Kern (Schwanzkern).

Varanus hat ganz ähnliche Kerne wie Crocodilus.

SCHLUSZFOLGERUNGEN BEZÜGLICH DER HINTERSTRANGKERNE DER REPTILIEN.

Die Hinterstrangkerne sind bei den Reptilien — sofern sie nicht überhaupt ganz fehlen — sehr klein und primitiv, ohne Inselbildung oder Lamellierung.

Der Burdach- und der Gollkern sind noch am ehesten bei den mit Gliedmaszen ausgestatteten Repräsentanten der Reptilien, den drei Ordnungen der Krokodile, Eidechsen und Schildkröten, zu erkennen, wobei dann der Burdachkern etwas tiefer angelegt zu sein scheint als der Goll'sche Kern. Bei der vierten Ordnung der Reptilien, den Schlangen, findet sich im allergünstigsten Falle von diesen beiden Kernen nur ein sehr unbedeutender primitiver Gollkern vor.

Der Blumenaukern ist bei den Reptilien nicht vorhanden.

Der *mediane Kern* (Schwanzkern; Bischoffkern) dagegen ist bei den Reptilien — manchmal sogar deutlich — anzutreffen.

D. AMPHIBIEN.

Bei den Amphibien sind die Hinterstrangkerne bisher noch nicht mit Sicherheit festgestellt worden. Brouwer vermeldet nur, dasz er bei Amphibien — er studierte Serien von Rana und Siren lacertina — sehr kleine Ausstülpungen von grauer Masse in den Hintersträngen auf der Grenze zwischen Rückenmark und Oblongata gefunden hat. Sie sind jedoch nur klein und nicht gut zu trennen von der übrigen grauen Substanz, dorsal vom Zentralkanal, die ein sehr zusammengesetztes Gebiet darstellt. Brouwer möchte diese Ausstülpungen denn auch nur mit groszer Reserve als das Analogon der Hinterstrangkerne der Säuger aufgefaszt wissen. Nur durch Degenerationsversuche würde man einwandfrei nachweisen können, ob auch bei Amphibien diese Zwischenstationen für die langen aufsteigenden Hinterstrangfasern gefunden werden und der mediale Lemniscus besteht.

Rana mugiens.

Nachdem Brouwer seine Ansicht über das Vorkommen von Hinterstrangkernen bei Amphibien publiziert hatte, wurde im hiesigen Zentral-Institut für Hirnforschung eine wohlgelungene Schnittserie von dem Zentralnervensystem von Rana mugiens angefertigt und diese gemeinschaftlich von Ariëns Kappers und Hammer studiert und in

der Prof. Winkler gewidmeten Festnummer (Sept. 1918) beschrieben.

An eben derselben Schnittserie habe nun auch ich meine Untersuchungen angestellt, die — wie gleich vorweg bemerkt sei — m. E. die von Brouwer (14) gehegten Zweifel bestätigen. Die Betrachtung der drei ersten Schnitte allerdings würde wohl zu der Folgerung führen können, dasz hier ein Analogon der Hinterstrangkerne vorliege. Im ersten Schnitte bemerken wir nämlich in den Hintersträngen an beiden Seiten der Medianlinie eine paarige schmale Infiltration grauer Masse. Dasz es sich hier tatsächlich um graue Substanz handelt, wird fast zur zweifellosen Sicherheit durch die in ihr befindlichen Zellen, welche man bei starker Vergröszerung wahrnimmt. In dem zweiten Querschnitt sieht man, dasz die Bänder der grauen Substanz breiter geworden sind und noch etwas mehr oralwärts, im nächsten (dritten) Schnitte, dicht unterhalb der Öffnung des Zentralkanales, haben sie eine noch gröszere Breite. Falls man nun die hier besprochenen Gebilde als Hinterstrangkerne gelten lassen will, dann ist doch wenigstens zu berücksichtigen, dasz ihre winzige Höhe überaus befremdet; sie erstrecken sich ja nur über drei Schnitte, was einer Höhenausdehnung von nur wenigen Mikron entspricht. Abgesehen aber von dieser anormal kleinen Ausdehnung der beschriebenen Gebilde, ist es ebenfalls nicht gut angängig, an der Hand einer einzigen Serie Schlüsse auf das Vorkommen oder Nichtvorkommen von Kernen ziehen zu wollen. Übrigens sieht man Ähnliches, wie im ersten Querschnitt beschrieben wurde, in mehr kaudalen Niveaus, z. B. im unteren Zervikalmark; und hier kann natürlich von keinen echten Hinterstrangkernen die Rede sein. Im dritten Querschnitt treffen wir eine Bildung, die wir als kreuzende Fibrae arc. int. ansprechen möchten und die wir für Lemniscusfasern halten könnten, wenn wir nicht wüszten, dasz wir hier keine Schleife, sondern die Edinger'sche Bahn vor uns haben. Auch diese Pseudoschleife ist also kein Beweis für das Vorkommen von Hinterstrangkernen bei Rana mugiens. Wir müssen es also dahingestellt sein lassen, ob man die eingangs beschriebenen kleinen Ausstülpungen als den Beginn primitivster Hinterstrangkerne auffassen will oder ob man sich nicht mit gröszerem Recht für völliges Fehlen der Hinterstrangkerne bei Rana mugiens entscheidet. Indem wir uns in dieser Frage selbst einer definitiven Stellungnahme enthalten, können wir denn auch sehr wohl die Meinung Ariëns Kappers' und Hammer's teilen, die in dem obenbezeichneten Artikel sagen: .... „während die Hinterstrangkerne, die mediale Schleife und damit die Groszhirnprojektion noch nicht (oder kaum) entwickelt sind".

Molge vulgaris und **Salamandra maculosa.**

Auch diese beiden Repräsentanten weisen ebenso wie Rana mugiens

keine deutliche Hinterstrangkerne auf. Nähere Mitteilungen über diese Serie, von der wir Zellenfärbungen besitzen, erübrigen sich nach den Mitteilungen über Rana.

Die Schluszfolgerung, zu der wir durch das Studium der Amphibien gelangt sind, ist diese, dasz sie entweder gar keine oder doch keine nachweisbare Hinterstrangkerne besitzen. Das Landleben macht bei ihnen noch nicht — wie dies dagegen wohl bei der nächst höheren Tierklasse, den Reptilien, der Fall ist — seinen Einflusz geltend.

E. FISCHE.

Beim Studium der Fische konnte Brouwer, der eine Reihe guter Serienschnitte von Rhombus maximus, Lophius budegassa, Amia calva, Chimaera, Acipenser sturio und Silurus glanis untersuchte, nicht die Überzeugung bekommen, dasz die Fische ein Analogon der Hinterstrangkerne der höheren Wirbeltiere besitzen. Die Weigert — Pal-und die Karminserien weisen zwar dorsal vom Zentralkanal, auf der Grenze zwischen Oblongata und Rückenmark zahlreiche, wenn auch nur kleine Zellanhäufungen auf; aber doch sind aus morphologischen Gründen keine Hinterstrangkerne anzunehmen. In seinen Darlegungen über diesen Gegenstand berücksichtigt Brouwer auch die gegenteiligen Ansichten, die in verschiedenen Mitteilungen in der vergleichend anatomischen Literatur vertreten sind, so z. B. von Herrick (51 und 53), der wiederholt von „funicular nuclei" spricht. Seine „funicular nuclei" sind indessen keine Hinterstrangkerne, d. h. keine Endstation für lange, aszendierende Fasern im Rückenmark und ebensowenig der Anfang eines Lemniscus medialis. Vielmehr stellen sie assoziative Stationen für Tastsinnfasern dar, die aus der Haut des ganzen Körpers (auch des Kopfes) kommen und den deszendierenden Geschmacksnerven begegnen. Von diesen Kerngruppen steigen wieder motorische Nervenstämme in das Rückenmark hinab. So kennzeichnen sich die „funicular nuclei" denn also nur als ein hochentwickeltes und wichtiges Reflexareal; aber Hinterstrangkerne sind es nicht.

Wallenberg (109) hat bei seinen eingehenden experimentellen Degenerationsversuchen bei Teleostiern keinen medialen Lemniscus aus den Hinterstrangkernen nach dem Thalamus und dem Hypothalamus nachweisen können. Zwar bemerken wir in den Serien zahlreiche Bogenfasern, namentlich auch echte Fibrae arc. int., welche die Raphe kreuzen; aber eine gesonderte Kreuzung von Fasern aus Hinterstranggebieten ist nicht nachweisbar.

Bei Fischen musz offenbar die Leitung der sensiblen Impulse in den Seitensträngen gesucht werden. Die oral verlaufenden, also aszendierenden sensiblen Fasern, die nach dem Mittel- und dem Zwischenhirn gehen, laufen nicht in den Hintersträngen, wie dies bei den höheren Wirbeltieren der Fall ist.

Für meine eigenen Untersuchungen unterzog ich dieselben schon oben genannten Serien, welche Brouwer studiert hatte, einer abermaligen Durchsicht, und auszerdem bearbeitete ich noch einige andere aus der reichen Kollektion des hiesigen Zentral-Institutes für Hirnforschung, und zwar die folgenden: Selache maximus, Anguilla vulgaris, Lota lota, Gadus, Pleuronectes platessa, Motella mustela (siehe Fig. 90 und 91), Spinax niger u. a. m.

Fig. 90.

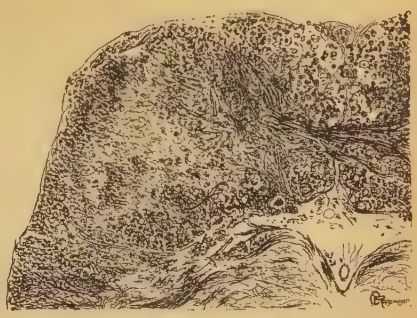


Fig. 91.

Querschnitte (I bzw. II) durch die Medulla oblongata von Motella mustela.

Kommen wir noch einmal kurz auf die „funicular nuclei" Herrick's zurück.

Was speziell Gadus betrifft, folgert Herrick (53) das Nachstehende: „In Gadus is the region of the funicular and commissural nuclei as in other types of fishes, a correlation center for all tactile impressions from the skin and their motor responses. The pectoral and pelvic fins of the gadoid are particularly delicate tactile organs and the dorsal cornua of the anterior end of the spinal cord have been enlarged and intimately related to the funicular nuclei and somatic commissural nucleus to serve these sense organs." — Diesen Prozesz sehen wir zu noch stärkerer Entwicklung kommen bei Trigla, Prionotus u. a.

Zwar finden wir bei Fischen kreuzende Fasern; aber diese sind bereits bekannt als Commissura infima Halleri und Edinger'sche Bahnen. Die Commissura infima enthält kreuzende Kommissurfasern

von absteigenden Vagus- und Glossopharyngeuswurzeln und nach Herrick auch Fasern, welche die „funicular nuclei" mit einander verbinden.

Die Commissura infima liegt dorsal vom Zentralkanal und kann bereits aus diesem Grunde nicht mit der sensiblen Kreuzung des zweiten Neurones der höheren Vertebraten verwechselt werden.

Die ventrale Kreuzung ähnelt mehr dem Lemniscus; Herrick nennt den Tractus bulbo-tectalis allein den Lemniscus. Brouwer sagt, dasz der Tractus spino-bulbo-tectalis et thalamicus die Fasern aus den gekreuzten Hinterhornzellen des Rückenmarkes und aus den Zellen der gekreuzten spinalen Trigeminuswurzel — welche Fasern nach Zwischen- und Mittelhirn verlaufen — enthält. Eben dieser Faserstrang ist die schon genannte Edinger'sche Bahn, die nicht mit dem Lemniscus verwechselt werden darf.

Der bei den Fischen vorhandene Tractus spino-bulbo-tectalis et thalamicus wird von Herrick dem Lemniscus lateralis der höheren Vertebraten analog erachtet. Brouwer jedoch findet diese Analogie nur eine relative, welche Ansicht ich vollkommen unterschreiben kann, da in dem Lemniscus lateralis der Säugetiere auszer kreuzenden Quintusfasern und spino-tektalen Bahnen auch noch andere Fasern, namentlich Octavusfasern, verlaufen.

Edinger (27) hat bei Scyllium die Oblongata in der Höhe des Octavus durchschnitten, was zur Folge hatte, dasz sich an der Läsionsstelle der degenerierte Tractus bulbo-tectalis entwickelte, der sich aus Fasern der Endkerne der sensiblen Kopfnerven (Octavus, Trigeminus) aufbaut. (Siehe Edinger II; Fig. 85.)

Als Resultat meiner Untersuchungen an Fischen gelangte ich zu derselben Folgerung wie Brouwer und andere Untersucher, dasz nämlich die Fische weder Hinterstrangkerne noch einen medialen Lemniscus besitzen.

KAPITEL IV.

Die Funktion der Hinterstrangkerne in Verband mit der Leitung der Sensibilität.

Wenn wir nunmehr die Funktion der Hinterstrangkerne in Verband mit der Leitung der sensiblen Reize durch die Hinterstränge des Rückenmarks und deren Projektion auf die Hinterstrangkerne näher betrachten, dann besteht das beste Verfahren, um zu einer Übersicht zu gelangen, darin, bestimmte Fragen ins Auge zu fassen und diese von verschiedenen Gesichtspunkten aus zu beleuchten. Unsere Bemerkungen werden anatomischer, physiologischer, ontogenetischer, phylogenetischer und psychologischer Art sein.

Indessen möge diesen verschiedenen Ausführungen eine auf die eigenen Untersuchungen bezügliche Bemerkung allgemeiner Art vorangehen, und zwar über den Zusammenhang zwischen dem Bau der Medulla spinalis und oblongata einerseits und der Lebensweise der Tiere und dem Bau ihrer Extremitäten anderseits.

Cuvier vermochte bekanntlich aus einem einzigen Knochenstück den Bau eines vorweltlichen Tieres festzustellen und in Zusammenhang damit annähernd dessen Lebensweise zu bestimmen. Ebensogut würde ein ausgezeichneter Kenner der Medulla oblongata an einem einzigen Schnitte durch deren unteren Teil den Bau und die Lebensweise desjenigen Tieres, dem der Schnitt entstammt, rekonstruieren können.

Edinger u. a. stellten fest, dasz die Form des Rückenmarkes an denjenigen Stellen, wo es gilt, grosze Areale zu innervieren, makroskopisch wechselt. An solchen Stellen nimmt der Umfang des Rückenmarkes durch Zunahme des Eigenapparates und seiner inneren Verbindungen zu. Dies wird z. B. durch eine Betrachtung des Rückenmarkes vom Strausze (Struthio camelus) deutlich, wie Edinger dieses in seinem Lehrbuche in einer Zeichnung wiedergibt, wo die Querschnitte auf verschiedenen Niveaus des Rückenmarkes wiedergegeben sind. Es zeigt sich dann, dasz das letztere in Höhe der Lumbalanschwellung sehr stark entwickelt ist und zwar offenbar infolge des Umstandes, dasz die besonders kräftigen Beine von hier aus innerviert werden. Die Intermescentia cer-

vicalis ist dagegen äuszerst dünn und weist in Verband mit der geringen Entwicklung der Flügel auf Querschnitten einen kleinen Umfang auf.

Auch können besondere Verhältnisse des Eigenapparates des Rückenmarkes durch eigentümliche Lebensverrichtungen bedingt werden, wodurch Veränderungen in der äuszern Form des Rückenmarkes auftreten, die oft sehr auffallend sind. Wir denken hier z. B. an Trigla (Seehahn, Knurrhahn), die an dem oralen Rückenmarksende starke Anschwellungen aufweist. Diese bereits beim äuszeren Aspekt augenfälligen Anschwellungen entstehen durch die Seitenflossen dieser Fische, die besonders kräftig entwickelt sind und mit der laufartigen Fortbewegungsweise dieser Fische zusammenhängen. Bei Testudo (Schildkröte) finden wir im Rückenmark den Ausdruck des Umstandes wieder, dasz die Extremitäten eine sehr kräftige Innervierung besitzen im Vergleich zu der minimalen Innervation der mit einem Schild bedeckten Rumpfteile, indem nämlich in den Anschwellungen des Rückenmarkes das Hinterhorn kräftig entwickelt ist, in den andern Teilen dagegen fast nicht.

Da die Vermis cerebelli mit dem Tonus und dem Gleichgewicht zusammenhängt, ist es nicht verwunderlich, dasz der Wurm dort, wo Tonus und Gleichgewicht am meisten in Betracht kommen, am besten entwickelt ist; so erreicht derselbe z. B. bei den groszen Schwimmern und den schnell fliegenden Vögeln eine riesige Entwicklung.

Es liesze sich eine Reihe weiterer Beispiele aufzählen; aber es bedarf eigentlich keines Beweises und fernerer Demonstrationen, um zu beweisen, dasz Körperbau und Lebensverrichtungen auch in dem Rückenmark und dem verlängerten Mark ihren anatomisch nachweisbaren Ausdruck finden.

Das, was für diese beiden letztgenannten Gebiete gilt, und im allgemeinen auch richtig ist, kann ebenfalls für die Interpretation derjenigen Tatsachen, die wir bei der anatomischen Untersuchung der Hinterstrangkerne festzustellen vermochten, ein Leitmotiv bilden. Finden wir z. B. bei einem Tier einen groszen Goll'schen Kern, dann vermögen wir auf eine kräftige Entwicklung der Funktion der Hinterfüsze zu schlieszen (oder umgekehrt aus einer kräftigen Entwicklung der letzteren auf einen groszen Goll'schen Kern), und sehen wir bei einem Tiere, dasz die Funktion der Vorderfüsze von viel gröszerer Bedeutung ist als diejenige der Hinterfüsze, dann musz auch der Burdach'sche Kern stärker entwickelt sein als der Goll'sche Kern.

Auch für das Studium des Blumenaukernes, dessen Funktion noch nicht gut bekannt ist, kann sich dieses Prinzip als sehr bedeutungsvoll erweisen.

Ehe wir nun untersuchen, welche Bedeutung die Anwendung dieses Prinzipes auf unser Tatsachenmaterial für einen Einblick in die Funk-

tion der Hinterstrangkerne haben kann, wollen wir erst noch dieses Gebiet von physiologisch anatomischer Seite näher betrachten.

Die Systeme, welche die Reize den Hinterstrangkernen zuführen, liegen in den Hintersträngen; die Systeme, welche die Reize wegführen, verlaufen im Lemniscus medialis oder lieber: bilden den Lemniscus medialis. Dieser endigt in der gekreuzten Hälfte des Thalamus opticus. Verschiedene Untersucher nehmen nun an, dasz eine direkte Verbindung zwischen den Hinterstrangkernen und dem Zerebellum besteht. Ich habe in meiner Untersuchung keine Argumente feststellen können, welche diese Auffassung stützten. Sie scheint mir wenigstens zweifelhaft, weil bei Herden im Zwischenhirn die Zellen der gekreuzten Goll- und Burdachkerne so gut wie ganz zugrunde gehen. Was den Blumenau- oder Monakowkern betrifft, so unterscheidet sich dieser in seinem Wesen von den Hinterstrangkernen. Er sendet nämlich seine Fasern distalwärts und hängt nicht mit dem Zwischenhirn zusammen.

Aus den vorangehenden Kapiteln ergibt sich nun, dasz die Hinterstrangkerne in stärkerer Entwicklung erst ziemlich spät in der Phylogenese auftreten. In mehr detaillierter Weise konnte ich bestätigen, was Brouwer in groszen Zügen angegeben hat: ausgeprägte Hinterstrangkerne finden sich erst bei den Reptilien; bei den Amphibien ist ihre Anwesenheit höchst zweifelhaft und bei den Fischen fehlen sie ganz bestimmt. Unsere Untersuchung lehrte ferner, dasz auch hier wieder die Ontogenese parallel mit der Phylogenese verläuft. Primitive Hinterstrangkerne fand ich erst beim menschlichen Fötus von 32 mm (siehe Kapitel II, S. 30); erst mit zunehmendem Alter trat allmählich ihre charakteristische Form zutage und zwar um die Mitte der Schwangerschaft, wenn der Fötus mit Tretbewegungen anfängt und die Frau Leben zu fühlen beginnt. Physiologisch-anatomisch gesprochen werden also bei den niederen Vertebraten alle sensiblen Impulse, die von den Ganglia intervertebralia aus das Rückenmark erreichen, nach den Hinterhörnern (Clarke'sche Säulen und andere Zellgruppen) geführt; zum Teile fliesen sie in die Reflexsysteme der dürftigen Hinterstränge ab. Allmählich reiht sich aber eine neue Station in diese sensiblen Systeme ein, nämlich die Gruppe der Hinterstrangkerne. Mit der Zunahme der Hinterstrangfasern nimmt sowohl in der Phylogenese als in der Ontogenese dieses Kerngebiet an Grösze zu. Ein groszer Teil der sensiblen Reize aus dem Hinterstrangareal erhält dadurch Gelegenheit, nach dem Zwischenhirn und von dort nach der Hirnrinde abzufliesen.

Wie gestaltet sich nun die Verteilung dieser sensiblen Reize für das Rückenmark? Diese ist wie folgt:

In den Hintersträngen verlaufen vor allem die sensiblen Impulse des tiefen Gefühls, aber sehr wahrscheinlich auch noch ein Teil der

Tastreize. In den Hinterhörnern verlaufen ebenfalls Reize für das tiefe Gefühl (nach den Clarke'schen Säulen), aber auszerdem der Rest der Hautsensibilität (Schmerz, Wärme, Kälte und ein groszer Teil des Tastsinnes). Man vergleiche die Werke von Petrèn, Head und seinen Mitarbeitern, Fabritius und Brouwer. Die erste Art Reize musz als solche der höheren Sensibilität[1]) betrachtet werden, die uns die räumlichen Verhältnisse durch Abtasten erkennen läszt, die zweite, niedere, Gruppe als die vitale. Mit Hilfe der erstgenannten Art Reize bilden sich die Individuen ein mehr objektives Bild von der Auszenwelt und der Haltung der eignen Körperteile, für sofern dies mit Hilfe der Sensibilität geschieht. Es ist also die höchste Form von Sensibilität, diejenige, welche phylogenetisch die jüngste ist. Während die sogenannte vitale Sensibilität schon bei den niederen Vertebraten entwickelt sein musz, tritt allmählich in der Stammentwicklung die zweite Gruppe hinzu.

Diese Vorstellung gilt naturgemäsz nur *soweit die sensiblen Reize bewuszt werden können.* Sind doch die Reflexsysteme auch bei den niederen Vertebraten sehr deutlich entwickelt, auch was die Reflexe von den tiefen Muskeln aus betrifft, welche Reflexe teils schon bei den Fischen ebenfalls in den Hintersträngen aufwärts geleitet werden. Meine Unter-

[1]) Die „höhere" Sensibilität wird auch gnostische genannt. Diese Bezeichnung scheint mir weniger geeignet, weil auch der Temperatur-, Schmerz- und kutane Sinn, die zu der „niederen" oder vitalen Sensibilität gehören, einen Teil der Eindrücke der Auszenwelt „bewuszt" werden lassen und somit zu unserer Gnosis, unserer Kenntnis beitragen. Die sog „höhere" Sensibilität hat eine gnostische Komponente und einen Teil, der nicht bis zur Rinde durchdringt und also nicht zu unserer Kenntnis gelangt. Ein Teil der Impulse der Gelenke, Bänder und Faszien wird direkt verbraucht für das statische und dynamische Gleichgewicht und ist also mehr oder weniger vital. Ein anderer Teil der vitalen Sensibilität wird gnostisch verarbeitet. Es scheint mir also besser, im allgemeinen von der Hinterstrangkernsensibilität zu sprechen als von der höheren, die Seitenstrangsensibilität dagegen als die niedere zu bezeichnen. Nicht, dasz die letztere eine solche von niederer Ordnung wäre; aber sie ist die zuerst entstandene in der Phylogenese; sie entsteht schon auf niedrigerer Stufe. Erst auf höherer Stufe in der Phylogenese entsteht die Hinterstrangsensibilität, die uns den Raum durch Abtastung kennen lehrt.

Wir möchten hier auch noch die Ausdrücke epikritische und protopathische Sensibilität erwähnen. Wir haben diese beiden von Head stammenden, oft verkehrt angewandten, Bezeichnungen in unserer Arbeit nicht gebraucht. Unter protopathischen Reizen versteht Head „diejenigen Reize, welche zuerst entstanden sind" (protos = zuerst entstanden und pathein = fühlen). Sie kommen im Zentralnervensystem an, werden auf gekreuzten Fasern zu der andern Seite hinübergeführt und werden dort effektuiert oder nach oben geleitet. Die epikritische Sensibilität wird auch wohl gnostische genannt.

Head gibt nachdrücklich an, dasz die Einteilung in epikritische und protopathische Sensibilität nur für das periphere Nervensystem zutrifft. Im Zentralnervensystem findet eine Umgestaltung der verschiedenen Reize statt.

suchung der phylogenetischen Entwicklung der Hinterstrangkerne ist imstande, diese Auffassung zu stützen. *Sehr deutlich ist die langsam stärker werdende Entwicklung dieses Kernareals in der Tierreihe zu verfolgen; allmählich wird ein beträchtlicher Teil der Hinterstrangsensibilität über die Hinterstrangkerne nach dem Thalamus opticus geleitet.*

Aber auch mein Studium der ontogenetischen Verhältnisse vermag diese Auffassung zu stützen, ist doch an erster Stelle aus meinem II. Kapitel deutlich ersichtlich, dasz die Hinterstränge auch in der Ontogenese allmählich an Grösze zunehmen. Physiologisch will dies also besagen, dasz der Weg, längs welchem die höheren sensiblen Reize im Rückenmark aufwärts steigen können, eine stetig zunehmende Bedeutung erhält. Dieser Erscheinung entspricht nun der Umstand, dasz sich die Hinterstrangkerne nach und nach immer deutlicher abheben — sei es denn auch recht viel später als die Hinterhörner — und dadurch stetig mehr Gelegenheit zu dem Abfliesz en der Hinterstrangsensibilität nach dem Thalamus opticus hin geben. Sowohl in der Phylogenese als in der Ontogenese sehen wir auch, dasz zugleich mit der Grösze nzunahme der Hinterstränge auch die Kerne des Thalamus opticus an Bedeutung zunehmen. Die klinisch-anatomische Betrachtungsweise führt dann zu dem folgenden, mehr physiologischen Ausspruche: Dasz sich allmählich in der Phylogenese und Ontogenese ein neuer Weg bildet, längs welchem Reize geleitet werden können, die zu einem bewuszten Gebrauche des quergestreiften Muskelgewebes in Verband mit der Tastsensibilität führen können. Namentlich wird es sich um einen bewuszten Gebrauch der Gliedmaszen für diesen Zweck handeln, aber keineswegs ausschlieszlich.

Die Hinterstrangkerne bilden die erste Station auf dem Wege dieser Reize nach dem oralen Teile des Zentralnervensystems. Ehe wir nun analysieren, was in diesen Hinterstrangkernen, in dieser ersten Station also, geschieht, wollen wir untersuchen, wie sich unsere Kenntnis von der Physiologie des menschlichen Fötus gegenüber der oben gegebenen Darstellung verhält.

Bei dem Bearbeiten der Literatur fällt es auf, dasz das Studium der physiologischen Verrichtungen des menschlichen Fötus zweifelsohne noch viel zu sehr vernachlässigt worden ist, namentlich, was die Frage der Verarbeitung der sensiblen Reize betrifft. Das Gebiet, wo sich die Physiologie des Menschen und die Psychologie einander nähern — man könnte sagen: einander noch decken — ist viel zu wenig erforscht. Die am tiefsten in das Studium der Physiologie des menschlichen Fötus eindringende Arbeit ist, sofern ich weisz, diejenige von Preyer (86). Aber auch in seiner Arbeit vermiszt man eine systematische Untersuchung der Reaktionen des Fötus auf das Verabfolgen sensibler Reize und dies ist doch notwendig, um sich eine hinlängliche

Vorstellung von der ontogenetischen Entwicklung der Sensibilität machen zu können. Dasz der menschliche Fötus schon ziemlich früh in der Ontogenese auf das Verabfolgen von sensiblen Reizen mit recht zusammengesetzten motorischen Reaktionen zu antworten vermag, ist sicher. So sah Erbkam (zitiert von Preyer) bei einem menschlichen Fötus von vier Monaten, dasz Kontraktionen der Arme und Beine, Drehen des Kopfes von einer Seite nach der anderen und Öffnen des Mundes, gleichsam wie um zu atmen, eintraten, wenn der Fötus in ein Gefäsz mit warmem Wasser gebracht wurde. Diese Bewegungen nahmen ab beim Abkühlen des Wassers, traten aber wieder auf, wenn das Wasser erwärmt wurde. So fand Brouwer (17) bei einem Fötus von etwa 5½ Monaten, dasz derselbe auf jeden tiefen Stich mit einer Nadel mit einer heftigen Beugebewegung aller Gliedmaszen reagierte, während gleichzeitig sofort derselbe Zug im Gesicht auftrat, den wir bei Erwachsenen bei heftiger Schmerzempfindung zu beobachten pflegen. Auch Kussmaul stellte beim menschlichen Fötus von 8 Monaten eine ebenso ausgeprägte Reflexreizbarkeit fest wie beim Neugeborenen. Kitzelte er die Innenfläche der Hand, dann schlosz sich diese und ergriff den Gegenstand. Das Kitzeln der Fuszsohle bewirkte Bewegungen, die am stärksten in den Beinen waren. Letztere wurden in den Hüft- und Kniegelenken gebeugt und wieder gestreckt, wobei die Zehen gespreizt wurden. Dasz der menschliche Fötus auf Druckreize reagiert, bemerkt man auch bei manueller Untersuchung des schwangeren Uterus in den letzten Schwangerschaftsmonaten, wobei deutlich die Bewegungen der Extremitäten des Fötus zu fühlen sind. Es ist dann freilich fast unmöglich, zu entscheiden, ob dies impulsive oder Reflexbewegungen sind.

Es scheint indessen, dasz die Reaktionen nicht bei allen Individuen in derselben Weise verlaufen. So hat Genzmer (zitiert von Canestrini) gefunden, dasz menschliche Frühgeburten zwar manches Mal auf Nadelstiche mit einer Bewegung der Extremitäten reagierten, aber dasz auch nicht selten all und jede Reaktion unterblieb.

Was die Untersuchungen an neugeborenen ausgetragenen Kindern betrifft, steht zunächst fest, dasz grosze Empfindlichkeit gegen Temperaturunterschiede besteht, wie dies u. a. von Preyer eingehend untersucht wurde. Die Empfindlichkeit gegen einfache Berührungen ist bei den normalen Neugeborenen nur gering. Stärkere Berührungen, z. B. das Anfassen einer Extremität oder des Kopfes mit den Fingern, bewirken regelmäszig Reaktionen (Canestrini (21). Interessant ist es jedenfalls, dasz längst nicht jeder Körperteil dieselbe Empfindlichkeit hierfür besitzt. Am besten ist diese Funktion beim Neugeborenen an den Lippen, der Nasenschleimhaut, der Haut der inneren Handfläche und der Fuszsohle entwickelt.

Die Reaktion auf Schmerzreize ist beim Neugeborenen sehr schwankend. Am leichtesten treten noch Schmerzreflexe von der Fuszsohle aus auf; diese Bewegungen werden sehr deutlich von dem negativen Gefühlston begleitet. Die Reflexzeit ist deutlich länger als bei Erwachsenen. Die Empfindlichkeit für Schmerzreize nimmt in den ersten Wochen schnell zu, sodasz schon bald dieselben Reaktionen auftreten wie bei älteren Kindern. Dasselbe gilt für die Empfindlichkeit gegen den faradischen und galvanischen Strom.

Besser sind wir im allgemeinen über das Verhalten, namentlich auch über die Reaktionen auf das Verabfolgen sensibler Reize bei den menschlichen Miszbildungen unterrichtet, worüber man u. a. die Arbeiten von Flechsig, Sternberg, Vachide und Vurpas (108), Veraguth, Brouwer, Edinger und Fischer u. a. m. zum Vergleich heranziehen kann. Diese Untersuchungen haben mit hinreichender Sicherheit gelehrt, dasz derartige Individuen viel mehr physiologisch-psychische Reaktionen aufweisen können, als man in Verband mit ihrem mangelhaft entwickelten Zentralnervensystem erwarten sollte. In Zusammenhang mit den uns hier beschäftigenden Fragen ist am auffallendsten der Umstand, dasz die motorischen Reaktionen derartiger Wesen so hoch koordiniert und verwickelt sein können. Dies zeigt sich vor allem beim Verabfolgen von Schmerz-, Wärme- und Kältereizen. Von anatomischer Seite betrachtet, lassen sich jedoch diese Reaktionen wohl begreifen. Denn wenn auch bei derartigen Miszbildungen Grosz-, Zwischen- und Mittelhirn vollständig fehlen, und wenn auch das Zerebellum meistens sehr stark in Entwicklung zurückgeblieben ist, so sind doch das Rückenmark und verlängerte Mark noch erhalten. Zwar fehlen die Hinterstrangkerne, aber die Hinterhörner und die mit ihnen in Verband stehenden Reflexsysteme pflegen gut entwickelt zu sein. Es besteht also genug Gelegenheit zum Übertragen der sensiblen Reize auf die motorischen Teile der Segmente. Dies gilt dann für denjenigen Teil der Sensibilität, den wir oben als den vitalen Teil betrachtet haben.

Viel schwerer ist die Erscheinung zu begreifen, dasz mehrmals bei derartigen Wesen konstatiert wurde, dasz solche Bewegungen auch zustande kommen können, ohne dasz Reize von auszen verabfolgt sind. Wenn man einen Arm oder ein Bein eines solchen Individuums in einer etwas unbequemen oder sonderbaren Weise hinlegt, dann sieht man, dasz es nach einiger Zeit spontan seine Haltung verändert. Es liegt hier das Vermuten nahe, dasz sich hierbei besonders die tieferen Impulse von Muskeln, Bändern usw. aus betätigen. Teils werden diese tiefen Impulse längs den Clarke'schen Säulen, teils längs den Hintersträngen selbst abfliesz en, in welch letzteren sich — wie oben schon nachgewiesen wurde — auch Reflexsysteme befinden müssen. Es sind gerade

diese Fasern, die wie ich meine bei derartigen hoch koordinierten Bewegungen bei Miszbildungen tätig sein müssen.

Eine reiche Assoziation derartiger tiefer Impulse findet im Rückenmark selber statt; aber wir müssen doch auch annehmen, dasz das verlängerte Mark dabei eine Rolle spielt. Sehr ausführlich hat Pfeiffer (82) diesen Gegenstand vor einigen Jahren noch einmal einer Analyse unterworfen. Er studierte einen Anenzephalen, der 17 Stunden lebte. Dieses Kind machte schwache Saugbewegungen und reagierte nicht auf Durchstechen der Wange. Die Rumpf- und Extremitätenreflexe waren normal, sowohl diejenigen der Haut als die Sehnenreflexe. Bei den Schmerzreizen schrie das Kind, und aus einer unbequemen Haltung legte es den Arm wieder in eine normale Lage. Bei Schmerzreizen machte es Ruderbewegungen mit den Armen (primitive Fluchtbewegungen). Bei Kälte wimmerte es kläglich. Die Bewegungen machten den Eindruck, spontan zu sein. Es streckte sich behaglich aus, als es von den drückenden Wickelbändern befreit wurde und begann sich lebhaft zu bewegen. Diese Bewegungen unterschieden sich in keiner einzigen Hinsicht von denjenigen eines normalen Kindes. An den Muskeln war keine Tonusveränderung merkbar. Als der Experimentator, um die Frage der Schmerzäuszerungen zu untersuchen, das hirnlose Wesen mit dem Kopf nach unten in die Höhe hielt und ihm einen kräftigen Schlag auf das Gesäsz versetzte, verzog es schmerzhaft das Gesicht, schrie laut und machte zappelnde Bewegungen mit den oberen Extremitäten. Vorher hatte es nicht geschrieen, sondern nur gewimmert, namentlich wenn es lange Zeit entblöszt gelegen hatte.

Bei der Sektion zeigte sich nun, dasz das Grosz- und Kleinhirn fehlten, wie auch die Hirnstiele, die Pons, die Oliven, das Chiasma und die Hypophyse, alles ungefähr bis zum Eintrittsgebiet des V. Hirnnerven. Aus der ausführlichen histologischen Untersuchung, welche folgte, erwähne ich einige Punkte, die für unsere Untersuchung von Bedeutung sind. Es stellte sich heraus, dasz auf der Grenze von verlängertem Mark und Rückenmark auszer der Pyramidenkreuzung und der Schleifenkreuzung aus den Hinterstrangkernen noch eine dritte Kreuzung vorhanden war. Diese wurde von einem Fasersystem gebildet, das von Pfeiffer *Tractus bulbo-cervicalis-spinalis* genannt wurde. Den Ursprung dieser Bahn verlegte er in das am meisten medial gelegene Areal der Substantia reticularis medullae oblongatae, die Endigung in die graue Substanz des Halsmarkes, namentlich in die Kerngruppen der Zervikalnerven und des Nervus phrenicus.

Pfeiffer führt nun das Koordinierte, Spontane der Bewegungen auf die Substantia reticularis zurück. Oberhalb des tiefsten motorischen Reflexbogens musz in genannter Substanz der Ort für einen höheren

übergeordneten Reflex gesucht werden. Wie schon seit den klassischen Untersuchungen Ewald's bekannt ist, kommt namentlich den Kernen des Vestibularisgebietes ein wichtiger Anteil an der Beherrschung des Muskeltonus und der Koordination der Bewegungen zu. Der Nucleus vestibularis wird höchst wahrscheinlich in direktem Zusammenhang mit der obengenannten Substantia reticularis an den gut koordinierten Bewegungen teilgenommen haben. Aus der Tatsache, dasz auszer in der Substantia reticularis keine graue Substanz vorhanden war, in der die oben bezeichneten Gefühlsäuszerungen lokalisiert werden können, folgt nach Pfeiffer mit Sicherheit, dasz in der Substantia reticularis sensible Eindrücke perzipiert werden können, während dann unter dem Produzieren primitiver Gefühlsäuszerungen Impulse an die motorischen Apparate abgegeben werden können.

Interessant ist es nun, dasz auch in dem Falle Pfeiffer's die Hinterstrangkerne fast ganz verschwunden waren. Die Goll'schen Kerne fehlten ganz, die Burdach'schen zum gröszten Teile. Infolgedessen waren die Lemniscuskreuzung und die mediale Schleife nur rudimentär vorhanden. Daraus musz ich also wohl schlieszen, dasz für das Ausführen der oben beschriebenen ziemlich zusammengesetzten Reflexbewegungen mit den Extremitäten diese Kerne durchaus überflüssig sind. Es liegt denn auch tatsächlich die Vermutung nahe, dasz von der Vestibularisgegend aus Impulse längs der von Pfeiffer beschriebenen Bahn nach dem Rückenmark abgeflossen sind, durch welche der Reflexapparat der Medulla spinalis in Wirkung gesetzt wurde, umsomehr, da der Fasciculus longitudinalis posterior nur höchst mangelhaft entwickelt war. Aber auszerdem glaube ich, dasz auch die spino-spinalen Systeme in den Hintersträngen ihren Anteil an diesen Bewegungen gehabt haben. Die nach dem Verabfolgen von Schmerzreizen eintretenden Reaktionen sind dann nicht längs den Hintersträngen, sondern längs den vitalen Systemen oralwärts nach dem verlängerten Mark geführt und haben dort mit beigetragen zu dem Hervorrufen zusammengesetzter motorischer Reaktionen.

Alles in allem erhellt wohl aus derartigen Beobachtungen, dasz die niedrigen Zentren des Zentralnervensystems zu ziemlich hoch koordinierten Reflexbewegungen imstande sind, wenn auch die Zellen der Hinterstrangkerne mit den darin entspringenden Fasersystemen, die den Anschlusz an den Thalamus opticus und an das Pallium bewirken, fehlen. Diese Tatsache macht es in Verband mit dem Umstande, dasz wir keine Assoziationen der Zellen der Hinterstrangkerne mit motorischen Zentren kennen, meines Erachtens nicht wahrscheinlich, dasz wir in den Hinterstrangkernen ein Reflexareal für höhere Koordination sehen müssen. Das Wesen der Funktion dieses Gebietes musz also in einer anderen Richtung gesucht werden.

Verfolgen wir nun, wie sich die Sensibilität beim Menschen in den ersten Lebensmonaten entwickelt, soweit es den Rumpf und die Gliedmaszen betrifft, dann möchte ich darauf aufmerksam machen, dasz der normale Neugeborene fraglos über normale Hinterstrangkerne verfügt und dasz der Lemniscus medialis schon in jener Zeit myelinisiert ist. Dies letztere ist jedoch noch nicht der Fall mit dem Trajekt: *Thalamus opticus—Pallium.* Die obengenannten Reaktionen, die wir bei Neugeborenen auf das Verabfolgen sensibler Reize eintreten sehen, müssen also ebenfalls in den niederen Zentren des Zentralnervensystems völlig verarbeitet sein. Naturgemäsz drängt sich die Frage auf, ob man bei derartigen hoch koordinierten Bewegungen, die sich in den niederen Zentren des Zentralnervensystemes abspielen, von eigentlich bewuszten Wahrnehmungen sprechen kann. Pfeiffer glaubt, dasz in der Substantia reticularis (wie schon oben erwähnt ist) sensible Impulse wirklich „perzipiert" und unter dem Produzieren von primitiven Gefühlsäuszerungen Impulse an den motorischen Apparat abgegeben werden können. Auf einem derartig niedrigen Niveau des Nervensystemes von wirklichem Perzipieren zu sprechen, scheint mir zu gewagt. Es ist zwar richtig, dasz äuszere Zeichen von Lust- oder Unlustgefühlen auftreten, sodasz dies den Beobachter als Perzeption imponieren kann; aber derartige Äuszerungen können doch ebensogut als Reflexbewegungen betrachtet werden. Wie dem auch sein möge, jedenfalls musz man für die höheren sensiblen Funktionen, namentlich die reinen Hinterstrangfunktionen, welche via die Hinterstrangkerne verarbeitet werden, wohl fraglos das Pallium als Arbeitsapparat ansehen. Die Sicherheit, dasz diese Funktion in der Tat verrichtet wird, hat man erst in dem Augenblick, wo Erscheinungen beobachtet werden, die auf das Bestehen der Fähigkeit, die Auszenwelt mittels der Sensibilität der Extremitäten zu erkennen, hindeuten. Erst wenn also die Stereognose deutlich wird, hat man die Sicherheit, dasz die Hinterstrangbahn, der Lemniscus medialis und die thalamokortikale Verbindung funktionieren. Diese höhere sensible Funktion tritt beim Kinde erst viel später auf. Preyer beobachtete die ersten Erscheinungen hiervon erst in der 17. Woche; Vierordt findet keine Erscheinungen, die das Bestehen des stereognostischen Sinnes beweisen, vor dem 4. Lebensmonat, Sigismund erst in der 19. Woche. Inzwischen hat sich in diesen ersten Lebensmonaten allmählich auch eine normal myelinisierte Projektion der sensiblen Systeme auf die Rinde entwickelt (Flechsig). Von dieser Periode an werden die Greifbewegungen regelmäsziger ausgeführt und werden auch in sehr deutlicher Weise die Gesichtsreize mit den Greifbewegungen verbunden. In dieser Zeit werden zuerst die Grundlagen für den Aufbau eines räumlichen Begriffes gelegt. Es ist nun die Frage, ob eine derartige Assoziation zwischen der Hinterstrangsensibilität und

optischen Reizen schon in dem Thalamus opticus stattfindet. Es läszt sich m.E. in der Tat viel für diese Auffassung sagen. Die physiologisch-psychologische Untersuchung von Kindern im ersten Lebensalter lehrt, dasz die Stereognose und der Gesichtssinn schon in einem ziemlich frühen Stadium assoziiert werden. In dieser Periode des menschlichen Lebens sind die Assoziationssysteme in der Groszhirnrinde noch mangelhaft entwickelt, während im Thalamus opticus bereits eine Menge kürzere Verbindungen zwischen den Kernen vorhanden sind. Auf eine Assoziation zwischen den tiefen, von den Extremitäten kommenden Impulsen und den Gesichtsreizen, in dem Thalamus opticus weist übrigens auch eine pathologisch-anatomische Wahrnehmung Winkler's [1]). Er sagt: For into the pulvinar radiates a fascicle from the tractus opticus. Optical impulses are brought into immediate connection with the kinaesthetic impulses, which are elaborated in the ventral nuclei".

Vollziehen sich nun mit diesen Impulsen, die auf einem höheren Niveau des Zentralnervensystems die Stereognose aufbauen, in dem Areal der Hinterstrangkerne noch andere Prozesse, als eine Überführung von dem ersten sensiblen Neuron in das zweite? Ich glaube wohl.

Kehren wir für das Studium dieser Frage noch einmal auf dasjenige zurück, was uns die Klinik und die Untersuchung der phylogenetischen Verhältnisse über die Sensibilität gelehrt haben. Wir wissen, dasz die Art der Impulse, die in den Hintersträngen nach den Hinterstrangkernen emporgeleitet werden, vor allem diejenige des tiefen Gefühlssystems ist. Wir erachten es des weitern als sicher, dasz auch der Tastsinn eine Rolle dabei spielt, worauf wir weiter unten noch näher zurückkommen. Der gröszte Teil wird von den Impulsen gebildet, die aus den Muskeln, den Sehnen, den Gelenkbändern und der Knochenhaut kommen. Diese sensiblen Impulse gelangen in die Ganglia intervertebralia und treten von dort in das Rückenmark ein. Ein Teil flieszt nach den Clarke'schen Säulen ab; der gröszte Teil aber tritt in die Hinterstränge ein. Verschiedene dieser sensiblen Impulse, die in den Hintersträngen verlaufen, werden als spino-spinale Reflexe verarbeitet. Bei niederen Tieren ist dies sogar die Hauptfunktion des Hinterstrangareals (Ariëns Kappers). Beim Höhersteigen in der Tierreihe wird die Anzahl nicht spinal verarbeiteter Hinterstrangimpulse gröszer, und in demselben Masze nimmt auch die Bedeutung des Hinterstrangkernareales zu. Alle diese Fasern in den Hintersträngen sind, wie bekannt, segmental angeordnet in dem Sinne, dasz die aus den unteren Segmenten kommenden Fasern medial liegen, während die Fasern, welche aus höheren Segmenten entspringen, sich

[1]) A tumour in the pulvinar thalami optici. A contribution to the knowledge of the vision of forms. Prof. C. Winkler, Folia Neuro-biologica 1911.

immer lateral von den ersteren anordnen. Diese Anordnung bleibt bei der Projektion auf das Hinterstrangkernareal erhalten, sodasz auch den Hinterstrangkernen ein segmentales Gepräge aufgedrückt wird (Winkler).

Vertiefen wir uns jedoch in die Frage, auf welche Weise dieses tiefe Gefühlssystem in der Peripherie organisiert sein musz, dann ersehen wir aus den Arbeiten Head's und andern, dasz der wichtigste Teil desselben, die Muskelgelenkimpulse, längs denselben Nerven verlaufen müssen, welche für die Leitung der motorischen Reize nach den Muskeln sorgen. Das Studium der Segmentalanatomie hat nun gelehrt, dasz der rein segmentale Charakter im Muskelsystem längst nicht so gut erhalten geblieben ist wie in der Haut. Die Haut ist in Bezug auf die segmentale Innervierung sehr konservativ und folgt passiv den Modifikationen, die sich in den tiefer gelegenen Teilen des Körpers abspielen. (Bolk (8).) Regelmäszig sind auch beim Menschen die verschiedenen Dermatomen nacheinander wiederzufinden, wenn man nur die Veränderung der Körperform berücksichtigt, welche besonders durch die Entwicklung der Extremitäten in der Ontogenese eingetreten ist. Auch in dem Muskelsystem ist der segmentale Ursprung wohl noch festzustellen; aber der gröszte Teil der Muskeln entlehnt doch sein Material zwei oder sogar drei verschiedenen aufeinanderfolgenden Segmenten. In der Ontogenese hat das Muskelsystem in Bezug auf segmental-anatomische Verhältnisse eine höhere Differenzierung durchgemacht als die Haut; man könnte sagen: ein groszer Teil des Muskelsystemes hat sich in seinem Bau allmählich von dem segmentierten Prinzip emanzipiert. Diese höhere Differenzierung geht parallel mit der Funktion und steht wahrscheinlich mit dieser in ursächlichem Zusammenhange. Dasselbe gilt für die anderen tiefen Teile, welche sensible Impulse nach dem Rückenmark senden: den Sehnen, den Gelenkbändern, den Knochen. In ihnen hat nach und nach eine derartig hohe Differenzierung Platz gegriffen, dasz man die segmentale Herkunft an vielen Stellen entweder garnicht oder nur unsicher angeben kann.

Wie oben schon erwähnt, müssen diese Impulse längs den motorischen Nerven verlaufen, wenigstens längs den Nerven, welche vielfach als rein motorische Nerven angesehen werden, aber in Wirklichkeit doch auch sensible Elemente enthalten. Sobald diese beiden Gruppen von Muskelnerven in die Nähe des Rückenmarkes kommen, entfernen sie sich von einander: die motorischen gehen durch die Vorderwurzeln nach den Vorderhornzellen (richtiger gesagt: kommen von dorther), die sensiblen begeben sich nach den Ganglia intervertebralia.

Welche Vorstellung müssen wir uns nun von der Verteilungsweise dieser sensiblen Elemente der tiefen Teile auf die verschiedenen Ganglia intervertebralia machen? Für einige Muskeln, z. B. die Interkostalmus-

keln, die ihren ursprünglichen segmentalen Charakter gut bewahrt haben, ist dies sehr einfach. Die sensiblen Elemente gehen durch das Ganglion intervertebrale, das zu demselben Rückenmarkssegment gehört, aus welchem die motorischen Elemente entspringen. Aber für die übrigen Muskeln, die ihren rein segmentalen Charakter nicht so gut bewahrt haben, sondern — wie wir oben erwähnten — plurisegmental innerviert sind, kann dies nicht gelten. Es scheint mir nun, dasz wir nicht annehmen dürfen, dasz in einem und demselben Ganglion intervertebrale sensible Impulse aus mehreren Ursegmenten gleichzeitig zusammenkommen. Wenn es nämlich irgend einen Teil des Nervensystemes gibt, der seinen segmentalen Ursprung in jeder Hinsicht verrät, dann ist es wohl die Reihe der Ganglia intervertebralia. An dem rein segmentalen Charakter dieser Ganglia dürfen wir also nicht rütteln. Wir sind somit wohl gezwungen, anzunehmen, dasz in jedem Ganglion intervertebrale diejenigen sensiblen Fasern des tiefen Systemes endigen, welche dem zu diesem Ganglion gehörigen Myotom entstammen. Wenn auch die verschiedenen Myotombestandteile, aus denen die Muskeln aufgebaut sind, stark gemischt sind, so werden dieselben ihrem Wesen nach doch wohl noch getrennt sein müssen, wenn dies auch nicht morphologisch nachweisbar ist. Auch in Bezug auf die sensiblen Elemente musz diese Scheidung dann noch vorhanden sein, sei es denn auch sehr verborgen und schwer anatomisch nachzuweisen. Mit anderen Worten: In den Plexussen musz doch stets jeder sensible Reiz — auch diejenigen, welche den tiefen Teilen entstammen — nach dem Ganglion intervertebrale und also auch nach demjenigen Rückenmarksegment, zu welchem seine Faser ursprünglich gehört hat, verlaufen.

Wirklich kommen also diese Impulse aus den tiefen Teilen, nach Segmenten angeordnet, in den Hintersträngen wieder zusammen. Was geschieht nun in den Hinterstrangkernen?

Meine Untersuchung der phylogenetischen Verhältnisse der Hinterstrangkerne hat nun vor allem gelehrt, dasz zwischen dem Bau dieser Kerngruppen und der *Funktion* des quergestreiften Muskelsystems ein deutlicher Parallelismus besteht. Vorweg will ich bemerken, dasz, trotz der starken Abwechslung, die bezüglich Grösze und Form des Hinterstrangkernareales besteht, dennoch der histologische Bau der Kerne im ganzen Gebiete derselbe ist. Nimmt ein bestimmter Teil des Kernes an Ausdehnung zu, dann handelt es sich dabei nur um einen Unterschied in Quantität, nicht in Qualität. Die homogene Struktur bleibt überall dieselbe. Ich werde nun noch einmal an der Hand einiger Beispiele zeigen, in wie deutlicher Weise ein Parallelismus zwischen dem Bau dieser Kerne und der Funktion des Muskelgewebes in den Extremitäten und im Schwanze besteht. Wir sahen bei dem Schimpansen bereits die

starke Entwicklung der Goll'schen Kerne, die sich aus der kräftigen Entwicklung der Hinterextremitäten und deren hoch differenzierter Bewegungsfunktion erklären läszt. Demgegenüber hat beim Menschen mit der stärkeren Entwicklung und der hohen funktionellen. Differenzierung der vorderen Extremitäten der Burdach'sche Kern eine relativ beträchtliche Grösze erreicht. Beim Maulwurf mit seinen stark entwickelten Grabehänden, die sehr viel stärker entwickelt sind und in funktioneller Hinsicht unendlich mehr Bedeutung haben als die Hinterfüsze, ist der Burdach'sche Kern ungemein stark entwickelt, während der Goll'sche Kern nur verhältnismäszig klein ist. Die Känguruhs mit ihren kleinen Vorder- und ihren riesigen Hinterextremitäten haben umgekehrt sehr stark entwickelte Goll'sche und nur unbedeutende Burdachkerne. Im allgemeinen macht es den Eindruck, dasz bei Tieren, bei denen der distale Teil der Extremitäten in funktioneller Hinsicht kräftig entwickelt ist, auch der distale Teil der zugehörigen Hinterstrangkerne starke Entwicklung zeigte, während bei Tieren mit proximal kräftig entwickeltem Muskelsystem der orale Teil der zugehörigen Hinterstrangkerne sehr grosz war. Hier liegt also wohl etwas anderes vor als ein rein segmentales Prinzip.

Beredt ist auch die Sachlage in dem sogenannten Schwanzkern (Bischoffkern). Dieser Kern wird allein bei Tieren mit einem kräftig entwickelten Schwanz angetroffen, wenigstens mit einem Schwanze, der in funktioneller Hinsicht hoch differenziert ist. So besitzen z. B. diejenigen Affen, die den Schwanz zugleich als Greiforgan benutzen, einen gut entwickelten Bischoffkern; bei denjenigen Affen aber, denen der Schwanz nur als Stützapparat dient, fehlt dieser Kern. Ebenso haben die Känguruharten, welche einen Schwanz besitzen, der nur im Dienste des dynamischen und des statischen Gleichgewichtes steht, keinen Schwanzkern, wohl dagegen die Känguruhratten mit ihrem Greifschwanz. Unter den Tieren, die unterhalb der Klasse der Säugetiere stehen, bietet der Pfau, bei dem der Schwanz im Dienste höherer Funktionen steht, und bei dem somit ebenfalls ein deutlich entwickelter Schwanzkern angetroffen wird, ein beredtes Beispiel für vorgenanntes Prinzip, das sich sogar noch weiter abwärts in der Tierreihe, z.B. bei den geschwänzten Vertretern der Reptilien (Schlangen, Krokodilen, Eidechsen) verfolgen läszt.

Auf Grund der vorstehenden Befunde sind wir also zu der Annahme gezwungen, dasz in den Hinterstrangkernen eine Assoziation der verschiedenen Impulse aus dem tiefen sensiblen System stattfindet, in dem Sinne, dasz die Fasern von Körperteilen, die in funktioneller Hinsicht zusammengehören, dort assoziiert werden. *In den Hinterstrangkernen findet also*, anders ausgedrückt, *eine Gruppierung von Fasern je nach ihrer Funktion statt.* Ich erachte es sogar als sehr wahrscheinlich, dasz in den Hinterstrangkernen nicht allein die Impulse aus dem Schwanz, aus den

Hinter- und den Vorderextremitäten und aus der Halsmuskulatur zusammengruppiert werden, sondern dasz dort auch auf die Dauer eine feinere Unterscheidung (Hand, Daumen, Fusz, usw.) zutage treten wird. Auf einem niederen Niveau des Zentralnervensystemes wird also für die Hinterstrangsensibilität eine neue Gruppierung geschaffen, welche durch die betreffende Funktion bedingt wird. Während sich also das sensible System in der Peripherie allmählich von dem segmentalen Prinzip emanzipiert hat, findet die gleiche Veränderung in der Medulla oblongata in den Hinterstrangkernen statt. Segmentiert bleiben dann im Rückenmark die älteren, die vitalen, sensiblen Funktionen, während sich der höhere Teil der Sensibilität in dem Rückenmark projiziert auf ein Zellareal, das allmählich mehr in oraler Richtung verschoben ist. Wir wissen, dasz im Zentralnervensystem für verschiedene Funktionen eine Neigung zur Verlagerung in der Richtung des meist oralen Teiles besteht (Steiner). Mehr und mehr übernimmt in der Phylogenese der orale Teil des Zentralnervensystems die Leitung, und es sind gerade die höheren Funktionen, welche schlieszlich in diesen frontalwärts gelegenen Teil lokalisiert werden. Bei der Hinterhornsensibilität ist von einer Verlagerung der Zellgruppen in der Richtung des oralen Endes des Metamerensystems noch nichts zu bemerken. Hier bleiben auch bei den höchststehenden Wirbeltieren die Schmerzsinn-, Wärmesinn-, Kältesinn- und ein erheblicher Teil der Tastsinnreize von jeder Hinterwurzel aus nach den Zellen des Hinterhornes verlaufen. Es ist a priori als wahrscheinlich zu erachten, dasz in dieser grauen Substanz jedes Segmentes Assoziationen dieser Reize untereinander stattfinden und dasz ein Teil auf sympathische und motorische Zellen hinübergeleitet wird. Der metamere Charakter dieses primären Teiles der Sensibilität bleibt wohl besser bewahrt als derjenige des sekundären Teiles, der in den Hintersträngen verläuft. Dieser höhere Teil der sensiblen Reize wird in einem Teile der grauen Masse assoziiert, der seine Lage mehr oralwärts hat.

In erster Linie dienen die Hinterstrangkerne also als erste Empfangstation für die tiefe Sensibilität der verschiedenen Körperteile. Hier werden die Impulse aufgefangen und in den Lemniscus medialis überführt, in welchem sie weitergeleitet werden nach dem Thalamus opticus. Aber eines kann unmöglich der Fall sein, dasz nämlich jede Hinterstrangfaser um eine Zelle in den Hinterstrangkernen endigt, und dasz von dort aus eine ebensogrosze Anzahl Fasern entspringt, um den Lemniscus medialis zu bilden; denn es ist eine allgemein anerkannte Tatsache, deren Bedeutung niemals recht deutlich geworden ist, dasz die Anzahl der Fasern des Lemniscus medialis viel kleiner ist als diejenige der Hinterstränge. Die Hinterstrangkerne können also *nicht allein Umschaltestation sein, sondern sie müssen auch Reduktionsorgane sein.* In der oben

entwickelten Vorstellung ist dies auch sehr begreiflich. Wenn in den Hinterstrangkernen eine neue Zusammengruppierung der verschiedenen Impulse nach dem funktionellen Prinzip stattfindet, dann ist sehr wohl annehmbar, dasz verschiedene dieser Hinterstrangfasern um eine gemeinschaftliche Hinterstrangkernzelle endigen, infolge welches Umstandes also auch das sekundäre Neuron eine kleinere Anzahl Fasern besitzen müssen wird. Psychologisch-physiologisch ausgedrückt können wir über die Funktion der Hinterstrangkerne sagen, dasz von dem tiefen Sensibilitätssystem aus von einer groszen Anzahl Segmente Signale an die Hinterstrangkerne abgegeben werden, *um als Einheit höherer Ordnung bewuszt zu werden.*

Bei meiner Untersuchung habe ich nur eine Parallele zwischen der Ausdehnung und der reichen Funktion der Extremitäten und des Schwanzteiles des Körpers ziehen können. Indessen ist es als sicher zu betrachten, dasz auch die Muskulatur des Rumpfes und des Halses eine Projektion auf das Hinterstrangkernareal besitzt. Die Fasern aus dem thorakalen Teile endigen zwischen denjenigen der unteren und der oberen Extremitäten, während sich die Fasern der Halsmuskulatur in den Nucleus interquinto-cuneatus projizieren. Es wäre fraglos von Bedeutung, zu untersuchen, wie sich diese Sachlage bei Tieren gestaltet, die sich durch eine hochdifferenzierte Muskelfunktion der Halsgegend auszeichnen, z. B. bei der Giraffe. Ich war nicht in der Gelegenheit, eine derartige Serie zu studieren; aber es läszt sich erwarten, dasz bei einem solchen Tiere auch eine Modifikation des Hinterstrangkernareales angetroffen werden wird, in dem Sinne, dasz der lateralste Teil, der Nucleus interquinto-cuneatus, sehr stark entwickelt ist. Dasz dieser Teil der Hinterstrangkerne beim Menschen eine ziemliche Kompliziertheit aufweist, läszt sich unschwer aus der hohen Differenzierung erklären, welche die Halsmuskulatur des Menschen, zum Teile in Verband mit dessen aufrechtem Gang angenommen hat.

Dasz die Hinterstränge des Rückenmarkes und das Hinterstrangkernareal beim Menschen so stark entwickelt sind, findet wieder zu einem groszen Teile seine Erklärung in der höheren Differenzierung, die sein Muskelsystem, namentlich in den distalen Teilen der vorderen Extremitäten, durchgemacht hat. Besonders H e a d und seine Mitarbeiter haben nachgewiesen, von wie groszer Bedeutung die Funktion dieses tiefen sensiblen Systemes bei der Wahrnehmung einfacher grober Tasteindrücke sein musz. Wird beim Menschen ein Hautnerv durchschnitten, dann können doch Berührungen mit einem Pinsel gut wahrgenommen werden, da bei diesen Berührungen zuviel gedrückt wird, und dadurch werden die Muskelnerven gereizt. Zweifelsohne werden bei der in der Klinik meist gebräuchlichen Untersuchungsweise über die Tastfunktion die tiefen sensiblen Elemente gereizt. Diese Reize befähigen den Menschen auf einem

höheren Niveau des Zentralnervensystemes, sich ein Urteil über die Haltung seines Körpers zu bilden, aber vor allem zum Aufbauen der Stereognose, dem Erkennen der Auszenwelt also mittels Betasten. Häufig verlegt man in dieses Fasersystem auch den Diskriminationssinn, d. h. das gleichzeitige Erkennen zweier Punkte und reserviert man hierfür ein besonderes sensibles System. Ich glaube nicht, dasz dies erforderlich ist, sondern schliesze mich der Ansicht Anna Schoondermark's an, dasz wir die Fähigkeit, zwei gleichzeitig aufgesetzte Zirkelspitzen zu unterscheiden, als die Resultante einer durch Übung geschulten Zusammenwirkung zwischen dem tiefen Gefühl und dem Berührungssinn betrachten müssen. Es scheint mir nämlich, dasz die klinisch-anatomischen Beobachtungen es auszerordentlich wahrscheinlich gemacht haben, dasz die Tastempfindungen nicht ausschlieszlich durch die spino-thalamischen Bahnen aufwärts geleitet werden. Die Analyse der Fälle von Brown-Séquard'scher Lähmung seitens Petrèn und die Untersuchungen Head's und seiner Mitarbeiter machen es doch wohl auszerordentlich wahrscheinlich, dasz die Hinterstränge auch einen Teil der Tastreize, einen Teil also der rein kutanen Sensibilität oralwärts leiten. Wenn auch Winkler zweifelsohne Recht hat, wenn er in seinem Lehrbuche sagt, dasz man die sekundäre Leitung der Tastreize als eine Leitung ansehen musz, die uns am wenigsten von allen bekannt ist, so erachte ich es doch als genügend festgestellt, dasz, wie schon früher von mir hervorgehoben wurde, auch die Hinterstränge einen Teil dieser Impulse leiten. Und ich nehme denn auch an, dasz in dem Hinterstrangkernareal neben der Assoziation verschiedener Impulse aus dem tiefen peripheren sensiblen System eine analoge Assoziation für diese rein kutanen Reize stattfindet.

Es drängt sich nunmehr die Frage auf, wie es um die moderne Kenntnis der Leitung der Sensibilität in den höheren Teilen des Zentralnervensystems bestellt ist, namentlich in demjenigen Teile der Groszhirnrinde, welcher als Endstation der Hinterstrangkernsensibilität betrachtet werden musz. Es ist durch viele Arbeiten bekannt, dasz wir als diese Stelle den Gyrus centralis posterior betrachten müssen (für Literatur s. v. Valkenburg (105)). Wir wissen nun, dasz bei Herden in diesem Gebiete vor allem die höheren Formen der Sensibilität leiden: das tiefe Gefühl, der Diskriminationssinn, die Stereognose, der Raumsinn; Schmerz- und Temperatursinn leiden bei kortikalen Herden nur vorübergehend (v. Monakow). Über den Tastsinn ist ohne Zweifel das letzte Wort noch nicht gesprochen; aber in der Literatur sind mehrere Beobachtungen niedergelegt, die darauf hindeuten, dasz auch der feinere oberflächliche Tastsinn bei derartigen Herden nicht unbeeinträchtigt bleibt. Somit finden wir auch im Pallium eine analoge Dissoziation der Sensibilität wie im Rückenmark, eine höhere und eine mehr niedere Form. Die erstere ist

streng lokalisiert, die zweite breitet sich wahrscheinlich über einen grösseren Teil der Hirnrinde aus oder wird vielleicht zu einem beträchtlichen Teile schon in Partien des Zentralnervensystems, die auf einem niedrigeren Niveau liegen als die Rinde, verarbeitet (Head c. s.).

Wie steht es nun um die nähere Lokalisation dieser hohen Sensibilität auf die Groszhirnrinde nach Maszgabe der Körperoberfläche, mit der topographischen Projektion also auf das Pallium? In den letzten Jahren ist unsere Kenntnis auf diesem Gebiete durch das Einführen einer neuen Methode auszerordentlich bereichert worden. Cushing hat nämlich beim Menschen den Gyrus centralis posterior elektrisch und mechanisch gereizt und dabei hat sich herausgestellt, dasz in der Organisation der Sensibilität in der Groszhirnrinde dasselbe Prinzip zum Ausdruck gelangt, das in dem Gyrus centralis anterior für die Motilität solch eine grosze Rolle spielt. Es zeigte sich nämlich, dasz die verschiedenen Körperteile in dem Gyrus centralis posterior auf eng umschriebene Stellen lokalisiert sind. Mittels derselben Methode hat später van Valkenburg (106) mit Sicherheit die Lokalisation von Teilen des Kopfes und der oberen Extremitäten bestimmen können, und dabei ergab sich denn, dasz grosze Übereinstimmung zwischen der Art und Weise besteht, in welcher im Gyrus centralis anterior die Motilität topographisch lokalisiert ist und derjenigen, wie im Gyrus centralis posterior dies mit der Sensibilität der Fall ist. Die klinische Beobachtung macht es ferner sehr wahrscheinlich, dasz dieselbe Erscheinung auch bezüglich der übrigen Körperteile (untere Extremitäten) gilt.

Die im Kriege gemachten Erfahrungen haben nun dahin geführt, auch betreffs der Art und Weise, wie diese Gruppierung der sensiblen Reize in dem Gyrus centralis posterior stattfindet, anzunehmen, dasz bei der anatomischen Organisation ebenfalls die Funktion eine Rolle spielt. Namentlich ist durch die verschiedenen Methoden deutlich geworden, dasz sich die Projektion der Motilität auf die Groszhirnrinde vor allem als eine Projektion nach Funktion erweist. Es findet dort nicht eine Verteilung nach Muskeln statt, sondern eine solche nach einzelnen Gliedern, z.B. nach Daumen, Hand, Arm, Zehen, u.s.w. Auch die Wahrnehmungen von Russel und Horsley bestätigen diese Auffassung [1]).

Inzwischen ist durch die Untersuchungen von Goldstein (38 und 39), Popper (83 und 84), Foerster und anderen der Nachweis geliefert, dasz ein analoges Prinzip bei dem Gyrus centralis posterior eine Rolle spielt, und es scheint mir, dasz auch die von Cushing und van Valkenburg erzielten Resultate der Schluszfolgerung nicht wider-

[1]) Note on apparent re-representation in the cerebral cortex of the type of sensory representation as it exists in the spinal cord. Brain 1906.

sprechen, dasz in dem Gyrus centralis posterior eine Gruppierung sensibler Impulse nach dem funktionellen Prinzip stattfindet. Der Daumen, die vier ulnären Finger, die Hand, der Ellenbogen bilden dort also mehr zirkumskripte Felder, in welche die sensiblen Impulse aus Körperteilen, die als bestimmte Einheiten funktionieren, zusammenprojiziert sind.

Die Frage ist nun, ob hierzu nicht der Umstand in Widerspruch steht, dasz auf das Pallium auch eine segmentale Projektion der Sensibilität stattfindet. Wie bekannt, ist diese letztbezeichnete Auffassung zuerst von Muskens (77) vertreten worden, und es gibt verschiedene Untersucher, die über im Kriege gesammeltes Material verfügen, auf Grund dessen sie annehmen, dasz in der Tat eine Projektion sensibler Impulse auf das Pallium nach dem segmentalen Prinzip stattfindet. Es würde mich zu weit führen, näher auf diesen Punkt einzugehen, und auszerdem verfüge ich auch nicht über diesbezügliche eigene Beobachtungen, um diese Annahme entweder bestätigen oder bestreiten zu können. Zwar sind in den Abbildungen der betreffenden Untersucher Begrenzungen zu sehen, welche an segmentale Begrenzungen erinnern; aber von einem rein segmentalen Charakter kann doch schwerlich gesprochen werden. Jedenfalls müssen derartige Wahrnehmungen zu den grösszten Seltenheiten gezählt werden, und beobachtet man bei Läsionen der Groszhirnrinde wohl häufiger eine andere Erscheinung, nämlich diese, dasz die Sensibilitätsstörungen am geringsten in den distalen Teilen der Extremitäten ausgeprägt sind, und zwar nach Begrenzungen, die nicht an Segmente erinnern, wohl aber den Eindruck machen, dasz sie nach funktionellem Begriff angeordnet sind. Es ist ebenfalls bekannt, wie sich bei den intensiven und sehr weit ausgedehnten Sensibilitätsstörungen die Störungen nach der Peripherie zurückziehen und z.B. einen Unterarm, eine Hand, Finger, einen Unterschenkel, einen Fusz u.s.w. sensibel intakt lassen. Am deutlichsten zeigt sich dies für die hohen sensiblen Qualitäten, für diejenigen sensiblen Funktionen also, welche eine Relation darstellen, während die niederen, vitalen, dabei nicht nennenswert beeinträchtigt sind.

Wir sehen also, wie dasselbe Prinzip, welches wir in den Hinterstrangkernen kennen gelernt haben, nämlich die Tatsache, dasz in diesem Areal eine Assoziation verschiedener Reize zu einem funktionellen Ganzen zustande kommt, auch beim Pallium seinen Ausdruck findet. Über die Verhältnisse im Thalamus opticus sind wir in dieser Hinsicht noch nicht hinlänglich unterrichtet; in der Medulla oblongata ist es besser mit unserer Kenntnis bestellt. Wir wissen nämlich aus der Arbeit Wallenberg's (110), dasz in den Fibrae arcuatae internae und in dem Lemniscus medialis, welche die Fortsetzung der Hinterstrangkerne bilden, eine Lokalisation nach funktionellen Einheiten nachweisbar ist. Die Fasern für die Hand liegen lateral von denjenigen für den Rumpf und

diese wieder lateral von denjenigen für die Beine, soweit es die Fibrae arcuatae internae betrifft. In dem Lemniscus medialis ist die Sachlage in der kaudalen Hälfte der Medulla oblongata folgendermaszen: dorsal liegen die Fasern für die Beine, ventral und dicht oberhalb der Pyramidenbahnen die Fasern für die Arme.

In Verbindung mit den oben ausführlich erwähnten Tatsachen gelange ich also zu der Schluszfolgerung, dasz die Gruppierung der Fasern für die höhere Sensibilität nach funktionellen Einheiten, die auf dem Pallium stattfindet, bereits in dem Areal der Hinterstrangkerne vorbereitet sein musz.

In dieser Arbeit habe ich ausschlieszlich gesprochen über die Hinterstrangkerne im engeren Sinne, d.h. dasjenige Gebiet, dessen Zellen nach Herden im Thalamus opticus retrograd degenerieren. Über den Blumenau'schen Kern spreche ich nicht, da sich dieses Kernareal sowohl durch die Form seiner Zellen als durch den Verlauf der aus diesen entspringenden Fasern prinzipiell von dem Hinterstrangkerngebiet sensu strictiori unterscheidet. Aber ich glaube doch darauf hinweisen zu müssen, dasz das Betrachten der verschiedenen, durch diese Gegend gelegten Schnittserien mir wohl die Überzeugung verschafft hat, dasz mit der hier befolgten Methode auch in Hinblick auf unsere Kenntnis über die Funktion dieses Blumenau'schen Kernes wohl etwas zu erreichen ist. Es scheint mir daher in der Zukunft geboten, in derselben Weise einen Versuch zu wagen, nunmehr ebenfalls einen Parallelismus zwischen dem Körperbau und der Lebensweise des Individuums einerseits und der Form und Ausdehnung dieses Kerngebietes anderseits zu finden. Auch dieses Kerngebiet variiert nämlich recht stark, in demselben Masze, wie die einzelnen untersuchten Tiere; es kann sogar bei recht nahe verwandten Tierarten ziemlich abweichen. Ich erachte es als nicht unwahrscheinlich, dasz der Blumenaukern in einer oder der anderen Weise mit dem dynamischen und statischen Gleichgewicht in Verband steht. Indessen bewegte sich meine Untersuchung in einer anderen Richtung, und ich glaube also, es bei dieser Suggestion bewenden lassen zu müssen.

ZUSAMMENFASSUNG.

In dieser Arbeit habe ich zunächst angegeben, wie sich die Hinterstrangkerne in der Ontogenese und Phylogenese entwickelt haben. In Übereinstimmung mit der von Brouwer nachgewiesenen Tatsache, dasz sich die Hinterstränge — das Areal, längs welchem die höhere Sensibilität oralwärts geleitet wird — in der Phylogenese erst langsam entwickelten, konnte ich in mehr detaillierter Weise, als er es tat, den Nachweis erbringen, wie auch die Hinterstrangkerne erst beim Höher-

steigen in der Vertebratenreihe an Bedeutung zunahmen. Erst bei den höheren Säugetieren haben sie eine grosze morphologische Bedeutung, und am meisten sind sie beim Menschen entwickelt. Ich vermochte des weitern nachzuweisen, wie auch hier wieder die Ontogenese eine Wiederholung der Phylogenese ist. Erst beim menschlichen Fötus von 32 mm fand ich deutliche Hinterstrangkerne differenziert, welche dann beim Älterwerden des Fötus allmählich gröszer und distinkter wurden. Meine vergleichend-anatomische Untersuchung hat es ferner auszerordentlich wahrscheinlich gemacht, dasz die Form der Hinterstrangkerne beherrscht wird von der Funktion. Wurden bestimmte Teile des Muskelsystemes stärker entwickelt, dann nahmen auch bestimmte Teile der Hinterstrangkerne an Ausdehnung zu, wenigstens in mehreren Fällen. Ich verfolgte dann weiter, welche Bedeutung sich hinter dieser Erscheinung verbirgt, und ich glaubte nachweisen zu können, dasz die Vergröszerung in den verschiedenen Hinterstrangkernteilen in Verband stand mit der reichen Zufuhr sensibler Reize, welche die höhere Sensibilität leiten. Während für die vitale sensible Funktion das Segmentationsprinzip erhalten blieb, wurde für die höheren Qualitäten in dem Hinterstrangkern eine neue Gruppierung geschaffen, durch welche die Reize, die bei der Ausübung der gemeinschaftlichen Funktion zusammenzuarbeiten pflegen, assoziiert werden. Die funktionelle Verteilung der höheren Sensibilität, welche wir nach den Erfahrungen der letzten Jahre auf dem Pallium anzunehmen haben, musz also schon in den Hinterstrangkernen vorbereitet sein.

Ich glaube in dieser neuen Gruppierung die essentielle Funktion der Hinterstrangkerne sehen zu müssen.

Abgesehen von Utilitätserwägungen (der Frage also des direkten Nutzens) für unsere praktische Kenntnis, scheint mir das Studium einer bestimmten Station, wie derjenigen der Hinterstrangkerne, längs dem Wege der Ontogenese und der Phylogenese für das philosophische Denken von gröszter Wichtigkeit. Es eröffnet dem Neuling eine Perspektive, wie er sich diese nicht hätte denken können. Die Worte: Evolution, phylogenetische Reihe und ontogenetische Entwicklung erhalten, obwohl sie ihm bekannt sind, eine neue und lebende Bedeutung und diese geht weit über die einfache Untersuchung hinaus. Wir nehmen fast eine lebende Bestrebung wahr, welche den spröden Stoff mehr und mehr für Bewusztseinserscheinungen empfänglich zu machen versucht. Sie strebt danach, aus dem einfachen Reflexmechanismus der niederen Tiere das komplizierte Nervensystem der höheren Tiere und zuletzt des Menschen aufzubauen.

Immer gröszer wird in der phylogenetischen Reihe die Fähigkeit, aus den vielerlei Reaktionen, als Folge der zugeströmten sensiblen und sensorischen Reize, auswählen zu können. Diese lebende Bestrebung (élan

vital) wird vielleicht durch nichts besser demonstriert als durch die Zunahme der Möglichkeit, sensible Reize nach aufwärts zu drängen längs dem Wege der Hinterstrangkerne, um den Raum durch Abtastung kennen zu lernen. Die in der Ontogenese und Phylogenese allmählich an Ausdehnung zunehmenden Hinterstränge und Hinterstrangkerne vermögen die schönste Erläuterung zu geben zu Bergson's Ausspruche (3):

L'évolution de la vie, depuis ses origines jusqu'à l'homme, évoque à nos yeux l'image d'un courant de conscience qui s'engagerait dans la matière comme pour s'y frayer un passage souterrain, ferait des tentatives à droite et à gauche, pousserait plus ou moins avant, viendrait la plupart du temps se briser contre le roc et pourtant, dans une direction au moins, réussirait à percer et reparaîtrait à la lumière. Cette direction est la ligne d'évolution, qui aboutit à l'homme.

LITERATUR.

1) Barker. The nervous system and its constituent neurones. New-York 1899.
2) Bechterew. Die Leitungsbahnen im Gehirn und Rückenmark. Leipzig 1899.
3) Bergson. L'Energie spirituelle. Paris 1919.
4) Beyerman. Een haard in de ventrale thalamuskern. Diss. Amsterdam 1911.
5) Bischoff. Zur Anatomie der Hinterstrangkerne bei Säugetieren. Jahrbuch f. Psych. u. Neurol. 1899.
6) Blumenau. Äusserer Kern des Keilstranges im verlängerten Mark. Neurol Centralblatt 1891.
7) Bolk. Das Cerebellum der Säugetiere. 1905 Bohn, Haarlem. Fischer, Jena.
8) — De segmentale innervatie van romp en ledematen bij den mensch. Haarlem, Bohn. 1910.
9) Brandis. Untersuchungen über das Gehirn der Vögel. Archiv für mikrosk. Anatomie 1893.
10) Brehm. Tierleben. 1912.
11) Brouwer u. Blauwkuip. Über das Zentralnervensystem bei perniziözer Anämie. Monatschr. f. Psych. u. Neurol. 1915.
12) Brouwer. Über Querläsion des Rückenmarks beim Menschen und das Bastiansche Gesetz.
13) — Über Hemiatrophia neocerebellaris. Arch. f. Psych. 1913.
14) — Die biologische Bedeutung der Dermatomerie. Beitrag zur Kenntnis der Segmentalanatomie und der Sensibilitätsleitung im Rückenmark und in der Medulla oblongata. Folia neuro-biologica, 1915.
15) — Over dermatomerie. Bijdrage tot de kennis der segmentaalanatomie en der sensibele geleiding bij den mensch. Tijdschrift v. Geneesk. 1914.
16) — The significance of phylogenetic and ontogenetic studies for the neuropathologist. Psych. en Neurol. Bladen 1918 (Feestbundel Winkler).
17) — Über partielle Anencephalie, mit Diastematomyelie ohne Spina bifida. Journal f. Psychologie und Neurologie, 1913.
18) — Klinisch-anatomische Untersuchung über partielle Anencephalie. Zeitschr. f. die gesamte Neurol. und Psych. 1916.
19) Brown-Sequard.
Archives de physiologie normale et pathologique, 1894.
20) Cajal S. Ramon. Histologie du système nerveux de l'homme et des vertèbres. Paris 1909.
21) Canestrini. Über das Sinnesleben des Neugeborenen. Berlin 1913.
22) Clarke. On the intimate structure of the brain. Philos. transact. of the Royal Society of London. Vol. 158.
23) Cushing. A note upon the faradic stimulation of the postcentral gyrus in conscious patients. Brain, 1909.
24) Darkschewitsch u. Freud. Über die Beziehung des Strickkörpers zum Hin-

terstrang und Hinterstrangskern nebst Bemerkungen über zwei Felder der Oblongata. Neurol. Centralbl. 1886.
25) Déjerine. Anatomie des centres nerveux. Paris 1901.
26) Draeseke. Zur mikroskopischen Kenntnis der Pyramidenkreuzung der Chiropteren. Anatomischer Anzeiger, Bd. XXIII.
27) L. Edinger. Vorlesungen über den Bau der nervösen Zentralorgane. Band I u. II.
28) Fabritius. Studien über die sensible Leitung im menschlichen Rückenmark auf Grund klinischer und pathologisch-anatomischer Tatsachen. Arbeiten aus dem pathologischen Institut der Universität Helsingfors. Band II, 1908
29) — Ein Fall von Stichverletzung des Rückenmarks. Deutsche Zeitschrift für Nervenheilkunde. Band 37, 1909.
30) — Versuch einer Psychophysiologie des Gefühles. Monatschrift f. Psych. u. Neurol. 1910.
31) — Zur Frage nach der sensiblen Leitung im menschlichen Rückenmark. Monatschrift f. Psych. u. Neurol. 1912.
32) — Über das Verhalten der Sensibilität in der Blutleere. Monatschr. f. Psych. u. Neurol. Ergänzungsheft 1912.
33) Flechsig u. Hösel. Die Centralwindungen, ein Centralorgan der Hinterstränge. Neurol. Centralbl. 1890.
34) Flechsig. Die Leitungsbahnen im Gehirn und Rückenmark des Menschen. Leipzig 1876.
35) Friedländer. Untersuchungen über das Rückenmark und das Kleinhirn der Vögel. Neurol. Centralbl. 1898.
36) Fuse und Monakow. Mikroskopischer Atlas des menschlichen Gehirns I. Die Medulla oblongata Zürich 1916.
36a) Fuse. Beiträge zur normalen Anatomie des der spinalen Trigeminuswurzel angehörigen Graus, vor allem der Substantia gelatinosa Rolando beim Menschen. Arb. aus dem Anat. Inst. der Kais.-Japan. Univ. zu Sendai 1919, Heft II.
37) Gans. Über Tastblindheit und über Störungen der räumlichen Wahrnehmungen der Sensibilität. Zeitschr. f. die gesamte Neurologie und Psych.
37a) Ganser. Vergleichend-anat. Studien über das Gehirn des Maulwurfs. Morphol. Jahrb. 7. Band 1882.
38) Goldstein. Über corticale Sensibilitätsstörungen. Zeitschr. f. die gesamte Neurol. u. Psych. 1916.
39) — und Frieda Reichmann. Über corticale Sensibilitätsstörungen besonders am Kopfe. Zeitschr. f. die gesamte Neurol. u. Psych. 1919.
40) Guldberg. Über das Centralnervensystem der Bartenwale. Christiania 1885.
41) Hatschek. Über das Rückenmark des Seehundes (Phoca vitulina) Arbeiten aus dem Institute Obersteiners 1896.
42) Hatschek u. Schlesinger. Der Hirnstamm des Delphins. Arb. aus dem Inst. Obersteiners 1896.
43) Head. On disturbances of sensation with special reference to the pain of visceral disease. Part. I Brain 1893.
44) — Idem part II Brain 1894.
45) — Idem part III Brain 1896.
46) — Rivers and Sherren. The afferent nervous system from a new aspect. Brain 1905.
47) — and Rivers. A human experiment in nerve division. Brain 1908.
48) — and Thomson. The grouping of afferent impulses within the spinal cord. Brain 1906.
49) — and Holmes. Sensory disturbances from cerebral lesions. Brain 1911.
50) Henle. Handbuch der Nervenlehre d. Menschen. Braunschweig 1871.

51) Herrick. The tactile centers in the spinal cord and brain of the sea robin, Prionotus Carolinus. L. Studies from the neurological Laboratory of Denison University. No. XXI.
52) — On the centers for taste and touch in the medulla oblongata of fishes. No. XIX.
53) — A study of the vagal lobes and funicular nuclei of the brain of the codfisch. Journal of comp. neur. and psych. Vol. XVII 1907.
54) His. Die Entwickelung des menschlichen Rautenhirns vom Ende des dritten Monats. Abhandlungen der Math. phys. Classe der königl.-sächs. Gesellschaft der Wissenschaften. Leipzig 1891.
55) — Die Entwickelung des menschlichen Gehirnes während der ersten Monate. Untersuchungsergebnisse. Leipzig und Wien 1904.
56) Ingbert. An enumeration of the medullated nerve fibres in the dorsal roots of the spinal nerves of man. The Journal of comp. neurol. Vol. XIII 1903.
57) Jelgersma. De functie der kleine hersenen. Psychiatrische en neurologische Bladen. 1915.
58) Kappers, Ariëns. Über das Rindenproblem und die Tendenz innerer Hirnteile, sich durch Oberflächenvermehrung statt Volumzunahme zu vergrössern. Folia Neuro-biologica. 1914.
59) — und Hammer. Das Zentralnervensystem des Ochsenfrosches. (Rana Catesbyana). Psych. en Neurol. Bl. 1918.
60) — Die Bildung von Bogenfasern als primäre Reflexbahn der vitalen (protopathischen) Empfindungen. Bijdragen tot de dierkunde. Aflevering XXI.
61) — Weitere Mitteilungen über Neurobiotaxis. Folia Neuro-biologica. 1908.
62) — -Karplus. Bemerkungen über die grauen Massen im Funiculus der menschlichen Oblongata. Arbeiten aus dem Institut für Anatomie und Physiologie des Centralnervensystems an der Wiener Universität. Bd. XI.
63) — Ein Fall von Myelomeningitis luetica, ein Beitrag zur Kenntnis der Sensibilitätsleitung im Rückenmark. Arbeiten aus dem Institute Obersteiners. Band 7, 1900.
64) Kölliker. Die Medulla oblongata und die Vierhügelgegend von Ornithorhynchus und Echidna. Leipzig 1901.
65) Kükenthal und Ziehen. Vergleich anat. und entwick. geschicht. Untersuchungen an Waltieren. Denkschrift der med. naturw. Gesellsch. Jena 1889.
66) Laehr. Über Sensibilitätsstörungen bei Tabes dorsalis und ihre Localisation. Arch. f. Psych. 1895. Bd. XXVII.
67) — Über Störungen der Schmerz- und Temperaturempfindung in Folge von Erkrankungen des Rückenmarks. Arch. f. Psych. 1896.
68) De Lange. Das Hinterhirn und das Rückenmark der Reptilien. Folia Neuro-biologica. 1916.
69) Marburg. Microscopisch-topographischer Atlas des menschlichen Zentralnervensystems. Leipzig und Wien 1904.
70) Menzel. Arch. f. Psych. 1890.
71) Monakow, v. Anatomie d. Pyramide und Schleife. Neurol. Zentralbl. 1885.
72) — Exper. Beitrag zur Kenntnis des Corpus restiforme, des „äusseren Acusticuskerns" und deren Beziehungen zum Rückenmark des Kleinhirns und des Verlaufs der Funiculi gracili et cuneati. Arch. f. Psych. 1885.
73) — Gehirnpathologie. 1905.
74) — Die Lokalisation im Grosshirn. 1914.
75) — Über die Lokalisation von Oblongataherden. Deutsche Z. f. Nervenh. 1909.
76) Mott. Experimental enquiry upon the afferent Tracts of the central nervous system of the monkey. Brain 1895.

77) Muskens. Studien über segmentale Schmerzgefühlsstörungen an Tabetischen und Epileptischen. A. f. Psych. Bd. 36.
78) Neumann. Virchow Arch. Bd. 122. p. 501.
79) Obersteiner. Anleitung b. Stud. d. Baues der nerv. Centralorg. Wien 1888.
80) Petrèn. Klinische Beiträge zur Kenntnis der Syringomyelie und Haematomyelie. Deutsche Zeitschr. f. Nervenheilk. 1909.
81) — Über die Bahnen der Sensibilität im Rückenmark, besonders nach den Fällen von Stichverletzung studiert. Arch f. Psych. Bd. 47.
82) Pfeiffer. Über den feineren Bau des Zentralnervensystems eines Anencephalus. Monatschr. f. Psych. u. Neurol. 1915.
83) Popper. Neurol. Centralbl. 1918.
84) — Zur Organisation der sensiblen Rindenzentren. Zeitschr. f. die gesamte Neurol. und Psych. 1919.
85) Preyer. Das Seelenleben des Kindes.
86) — Specielle Physiologie des Embryo. Leipzig 1885.
87) Rawitz. Das Zentralnervensystem der Cetaceen. Arch. f. mikrosk. Anat. und Entwick.gesch. 1909.
88) Rothmann. Zur Kenntnis des Rückenmarks und der Pyramidenbahnen von Talpa Europaea. Monatschr. f. Psych. u. Neurol. 1904.
89) — Zur Frage der Sensibilitätsleitung im Rückenmark. Deutsche Zeitschr. f. Nervenheilkunde. 1912.
90) Sabin. Atlas of medulla and mid-brain. Baltimore 1901.
91) Schaper. Die frühesten Differenzierungsvorgänge im Centralnervensystem. Arch. f. Entwick. mech. 1897.
92) Schepman. De octavolaterale zintuigen en hun verbindingen in de hersenen der vertebraten. Dissertatie. Groningen 1918.
93) Schiff. Lehrbuch der Physiologie des Nervensystems. 1858—1859.
94) Schoondermark. Over gevoelsstoornissen bij een aantal klinische gevallen van periphere zenuwlaesies. Dissertatie. Amsterdam 1918.
95) Sherrington. Experiments in Examination of the peripheral distribution of the fibres of the posterior roots of spinal nerves. Philos. transactions of the Royal Society. London 1893.
96) — Part II. Phil. transactions. 1898.
97) — The spinal roots and dissociative anaesthesie in the monkey. The Journal of Physiology. Vol. XXVII.
98) Sinn. Beitrag zur Kenntnis der Medulla oblongata der Vögel. Monatschr. für Psych. u. Neurologie. 1913.
99) Stilling. Neue Untersuchungen über den Bau des Rückenmarks. Cassel 1859.
100) Streeter. Die Entwickelung des Nervensystems. Handbuch der Entwickelungsgeschichte des Menschen. Franz Keibel und Franklin P. Mall. Leipzig 1911.
101) Trepinsky. Die embryonalen Fasersysteme in den Hintersträngen und ihre Degeneration bei der Tabes dorsalis. Arch. f. Psych. 1897.
102) Tumbelaka. Konsekutive Veränderungen eines kleinen Herdes in dem ventrolateralen Thalamuskern und das demselben zugrunde liegende klinische Bild. Psych. en neurol. Bladen. 1916.
103) v. Valkenburg. Algemeene klinische localisatie in het zenuwstelsel. Groningen 1912.
104) — De organisatie der sensibiliteit in het zenuwstelsel. Psych. en neurol. Bladen 1914.
105) — Sensibilitätsspaltung nach dem Hinterstrangtypus in Folge von Herden der Regio rolandica. Zeitschr. f. d. ges. Neurol. u. Psych. 1916.

106) v. Valkenburg. Zur fokalen Lokalisation der Sensibilität in der Grosshirnrinde des Menschen. Zeitschr. f. d. gesamte Neurol. u Psych. 1914.
107) — Le parallélisme entre la sensibilitécutanée et la sensibilitéprofonde. Archives Neérlandaises de Physiol. de l'homme et des animaux. 1917.
108) Vaschide et Vurpas. Essai sur la psycho-physiologie des monstres humains Paris.
109) Wallenberg. Beiträge zur Kenntnis des Gehirns der Teleostier und Selachier. Anat. Anzeiger 1907.
110) — Neuere Fortschritte in der topischen Diagnostik des Pons und der Oblongata. Deutsche Zeitschr. f. Nervenheilkunde. Band 41.
111) Weed. A Reconstruction of the Nuclear masses in the lower portion of the human brain-stem. Washington. Carnegie-institution. 1914.
112) Wernicke. Lehrbuch der Gehirnkrankheiten.. 1881.
113) Winkler. De bouw van het zenuwstelsel. Handboek der Neurologie, deel I Haarlem 1917.
114) — and Ada Potter. An anatomical guide to experimental researches in the cat's brain. Amsterdam 1914.
115) Winkler en Van Londen. Over de functie van de ventrale kerngroep in de thalamus opticus van den mensch. Versl. van de Koninkl. Akad. van Wetenschappen 1908.
116) Ziehen. Makroskopische und mikroskopische Anatomie des Rückenmarks. Handbuch der Anatomie des Menschen. v. Bardeleben 1899.
117) — Mikroskop. Anatomie des Gehirns. Idem 1913.
118) — Der Aufbau des Cervikalmarks und der Oblongata bei Marsupialiern und Monotremen. Anat. Anzeiger 1887.
119) — Das Centralnervensystem der Monotremen und Marsupialier. Jena 1908.
120) Zwaardemaker. Leerboek der Physiologie. Haarlem 1914.

VERZEICHNIS DER ABBILDUNGEN.

a) zur **Ontogenese.** Seite.

Fig. 1 Querschnitt durch das Medullarrohr bei einem menschl. Fötus von 3 mm 19

„ 2 Querschnitt durch das Hinterstrangkerngebiet bei einem menschl. Fötus von 14 mm 23

„ 3—9 Erste Anlage der Hinterstrangk. bei einem menschl. Fötus von 32 mm 24

„ 10 „ „ „ „ „ „ „ „ „ 32 „ 26

„ 11 Hinterstrangkerne „ „ „ „ „ 16 cm 27

„ 12 „ „ „ „ „ „ 27 „ 27

„ 13 „ „ „ „ „ „ 42 „ 28

„ 14 „ „ „ Kinde von 5 Monaten.. 28

Tafel A, Fig. 15—22, Ontogenetische Entwickl. der Hinterstränge beim Menschen 34

b) zur **Phylogenese.**

Tafel B, Phylogenetische Entwicklung der Hinterstränge in der Vertebratenreihe (nach Brouwer)..... 33

Säugetiere:

Fig. 23, Hinterstrangkerne von Troglodytes niger..... 41

„ 24, „ „ „ „ 42

„ 25, „ „ Ateles hybridus..... 43

„ 26, „ „ „ „ 43

„ 27, „ „ Oedipomidas oedipus..... 47

„ 28, „ „ „ „ 47

„ 29 u. 30, „ „ „ „ 48

„ 31, „ „ Lemur catta..... 51

„ 32, „ „ Canis familiaris..... 55

„ 33, Schwanzkern vom Seehunde..... 56

„ 34—38, Hinterstrangkerne von Dugong..... 58

„ 39—48, „ „ Phocaena communis..... 60

„ 49—51, „ „ Myrmecophaga tridactyla..... 68

„ 52—59, „ „ Vesperugo noctula..... 69

„ 60—67, „ „ Talpa europaea..... 72

„ 68, „ „ „ „ 75

„ 69—71, „ „ Macropus robustus..... 79

Vögel:

Seite.
Fig. 72, Hinterstrangkerne von Palaeornis eupatria 85
„ 73, „ „ „ „ 87
„ 74, „ „ „ „ 88
„ 75, „ „ Colymbus 90
„ 76, Schwanzkern von Cacatua 91
„ 77, Schwanzkern von Pavo 92
„ 78, Hinterstrangkern (Goll'scher Kern) von Casuaris 92

Reptilien:

Fig. 79, Hinterstrangkerne von Python reticulatus 94
„ 80 u. 81, Hinterstrangkerngebiet von Crocodilus porosus 95
„ 82—85, „ „ „ „ 96
„ 86 Hinterstrangkerne von Varanus 97
„ 87 u. 88 „ „ „ 98
„ 89, „ „ Chelone midas 98

Fische:

Fig. 90 u. 91, Medulla oblongata von Motella mustela 103

INHALTSVERZEICHNIS.

	Seite.
Einleitung	1
Kapitel I. Beschreibung der Hinterstrangkerne beim Menschen	3
Kapitel II. Ontogenese der Hinterstrangkerne beim Menschen	17
Kapitel III. Phylogenese der Hinterstrangkerne	39
A. Säugetiere	41
B. Vögel	82
C. Reptilien	93
D. Amphibien	100
E. Fische	102
Kapitel IV. Die Funktion der Hinterstrangkerne in Verband mit der Leitung der Sensibilität	105
Literaturverzeichnis	127
Verzeichnis der Abbildungen	132

STELLINGEN.

I.

De toeneming der achterstrengen en der achterstrengkernen verloopt in de ontogenese ongeveer paralel met het toenemen in de phylogenese.

II.

De Westphal-Edingersche kern is de oorsprongsplaats van het sympathische gedeelte van de N. Oculomotorius.

III.

In het autonome stelsel zijn afferente banen niet overtuigend aangetoond, hun bestaan moet echter op theoretische gronden worden vermoed.

IV.

Kraepelin's indeeling van de dementia praecox in tien ondervormen, verdient geen aanbeveling.

V.

De hongerkuur van Allen worde slechts bij zware gevallen van diabetes toegepast.

VI.

In de interne kliniek worden psychische invloeden bij lichamelijke ziekten nog steeds niet voldoende gewaardeerd.

VII.

Onderwijs in psychotherapie voor a. s. artsen is noodig; ook behoort voor gemeentepatiënten gelegenheid te bestaan een psychotherapeutische behandeling in een speciaal daarvoor ingerichte polikliniek te kunnen ondergaan.

VIII.

De patellafractuur wordt het best behandeld door eenvoudige naad van het strekapparaat.

IX.

Gevallen van lichte ontsteking van het parametrium moeten niet langer dan ten hoogste drie maanden met resorbeerende tampons worden behandeld.

X.

Vergroote tonsillen bij kinderen moeten door tonsillotomie worden verwijderd. Deze ingreep is ook voldoende bij lichte recidiveerende ontsteking der keelamandelen, tonsillectomie blijve voor ernstiger gevallen bewaard.

XI.

De reactie van Sachs-Georgi is een voortreffelijk contrôlemiddel der Wassermansche reactie.

XII.

De behandeling van goedaardige zoowel als van kwaadaardige gezwellen van bulbus en oogleden moet met stralentherapie worden begonnen, alvorens tot ingrijpende operatie over te gaan.

XIII.

De rachitis wordt niet voldoende bestreden; de sociale beteekenis der Engelsche ziekte wordt onderschat.

XIV.

De stelling „nihil est in intellectu quod non fuerit in sensu" is niet bewezen; integendeel het is waarschijnlijk te achten, dat de mensch ook langs anderen weg dan dien der zintuigen, kennis kan verkrijgen van gebeurtenissen of in het algemeen van feiten, die niet door hem zijn waargenomen.

XV.

Evengoed als de philosoof heeft de medicus-psycholoog kennis te nemen van de uitkomsten van „psychical Research".

XVI.

Zinneprikkelende voorstellingen zijn in de puberteitsjaren het meest schadelijk; bioscoopcensuur moet daarom voor kinderen tot het achttiende jaar worden uitgeoefend.